

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра металлургии, сварочного производства и методики
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой МСП
_____ Б.Н. Гузанов
« ____ » _____ 20 г.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО КУРСУ «ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ
ДАВЛЕНИЕМ» ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ В КАМЕНСК-
УРАЛЬСКОМ ТЕХНИКУМЕ МЕТАЛЛУРГИИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение

Идентификационный код ВКР: 525

Исполнитель:

студент группы ЗМП–403-С

Л.В. Петрова

(подпись)

Руководитель:

доцент кафедры МСП,
канд. пед. наук, доцент

Ю.А. Бекетова

(подпись)

Нормоконтролер:

профессор кафедры МСП,
канд. техн. наук, доцент

Ю.И. Категоренко

(подпись)

Екатеринбург
2017

РЕФЕРАТ

Дипломная работа выполнена на 177 страницах, содержит 9 рисунков, 8 таблиц, 29 источников литературы, а также 5 приложений на 76 страницах.

Ключевые слова: ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС, ФГОС СПО, ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ КУРС, ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ, ТЕСТ, ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.

Цель работы – разработать учебно-методическое обеспечение в рамках междисциплинарного курса 03.01 «Теория обработки металлов давлением» для лабораторного практикума по проведению испытаний металлов и средства для проведения контроля освоения компетенций студентами по ПМ. 03 «Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением»

В процессе работы выполнено:

- анализ педагогической литературы по вопросам содержания методической работы педагога профобучения по планированию и проведению лабораторно-практической части дисциплин;
- анализ образовательного стандарта по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением и уточнение компетентностной модели выпускника;
- определена структура методических указаний к лабораторным работам;
- проведен отбор содержания, методов и средств для обучения студентов различным испытаниям металлов.

В дипломной работе получены следующие результаты:

- определены и уточнены компетенции техника по специальности 22.02.05 «Обработка металлов давлением», формируемые в рамках МДК «Теория обработки металлов давлением», и в частности в рамках лабораторных работ;
- разработаны задания, инструкции по выполнению испытаний металлических образцов и составлены методические указания для студентов для 9-ти лабораторных и практических работ по междисциплинарному курсу «Теория обработки металлов давлением»;
- разработаны контрольно-оценочные средства для проведения текущей и заключительной проверки освоения студентами знаний, умений, компетенций в рамках МДК.

Разработать учебно-методические материалы и средства обеспечивают выполнение требований ФГОС СПО для обучения техников по специальности 22.02.05 «Обработка металлов давлением».

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИНФОРМАЦИИ О МЕТОДИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕДАГОГА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ	8
1.1 Организационные формы, методы и средства планирования и проведения лабораторных работ в среднем профессиональном учебном заведении.....	8
1.2 Понятие педагогической диагностики и особенности методической деятельности педагога по разработке тестов контроля.....	12
1.3 Анализ федерального государственного образовательного стандарта СПО по специальности 22.02.05 «Обработка металлов давлением»	18
2. РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУ «ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ»	22
2.1 Проектирование заданий и методических указаний для лабораторных работ по выполнению технологических испытаний металлов и сплавов и практических работ	22
2.2 Отбор содержания и конструирование фонда оценочных средств для проведения текущего и заключительного контроля знаний и умений студентов по МДК «Теория обработки металлов давлением».....	33
2.3 Разработка итогового теста по междисциплинарному курсу «Теория обработки металлов давлением»	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	70
Приложение А – Лист задания на выполнение ВКР	73
Приложение Б – Рабочая программа междисциплинарного курса	75
Приложение В – Комплект лабораторных работ.....	83
Приложение Г – ФОС к лабораторным работам	141
Приложение Д – Комплект практических работ	149

СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ГАПОУ СО КУТММ – Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение Свердловской области «Каменск-Уральский техникум металлургии и машиностроения»

ОМД – обработка металлов давлением;

ОПОП – основная профессиональная образовательная программа;

ФГОС – федеральный государственный образовательный стандарт;

СПО – среднее профессиональное образование;

ППССЗ – программа подготовки специалистов среднего звена;

МДК – междисциплинарный курс;

ПМ – профессиональный модуль;

ПК – профессиональная компетенция;

ОК – общие компетенции;

УЭ – учебный элемент.

ВВЕДЕНИЕ

Введение новых федеральных государственных стандартов и модернизация профессионального образования привели к развитию содержания образования в соответствии с требованиями рынка труда, с потребностями работодателей в квалифицированных рабочих и специалистах.

В этих условиях профессиональным образовательным учреждениям стало необходимо совершенствовать образовательный процесс, с позиции оптимизации времени на организацию обучения, потому что все более увеличивающийся объем учебной информации приводит к увеличению объема учебной нагрузки студентов, как аудиторной, так и самостоятельной деятельности.

В связи с этим появилась необходимость в разработке методических продуктов, рационально организующих труд педагога и оптимизирующих работу студентов для выполнения большего количества заданий за отведенное программой курса время. Задача педагога состоит в том, чтобы методическая разработка учебного материала для всех видов аудиторных работ, давала возможность обучаемым больше внимания концентрировать на специализированном содержании курса, а не тратить время на поиск информации об оформлении своей работы.

А для этого педагогу необходимо решить ряд проблем:

- изучить учебно-методическую литературу по теме курса;
- провести анализ лабораторных работ, предложенных в теме курса, с целью дозирования информации учебного материала для студентов (индивидуализация) и адаптации лабораторных работ к материально-техническим условиям образовательного учреждения;
- разработать лабораторные работы различных видов технологических испытаний для организации как индивидуальной работы, так и групповой работы студентов;

- составить методические рекомендации с подробным описанием плана действий для студентов по выполнению лабораторных работ.

Цель дипломной работы – разработать учебно-методическое обеспечение в рамках междисциплинарного курса 03.01 «Теория обработки металлов давлением» для лабораторного практикума по проведению испытаний металлов и средства для проведения контроля освоения компетенций студентами по ПМ 03 «Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением».

Объектом исследования являются процесс обучения студентов техникума по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением по междисциплинарному курсу 03.01 «Теория обработки металлов давлением» профессионального модуля ПМ 03. «Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением».

Предметом исследования является учебно-методическое обеспечение междисциплинарного курса 03.01 «Теория обработки металлов давлением» профессионального модуля ПМ 03. «Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением»

В соответствии с поставленной целью работы были намечены следующие задачи:

1. Изучить педагогическую литературу по вопросам методической деятельности программы профессионального обучения;

2. Проанализировать ФГОС СПО по специальности «Обработка металлов давлением», уточнить компетенции техника, формируемые в рамках МДК 03.01 «Теория обработки металлов давлением», и в частности в рамках лабораторных и практических работ;

3. Разработать задания, инструкции и наглядные средства по выполнению испытаний металлических образцов и составить методические указания для студентов для лабораторных работ по междисциплинарному курсу 03.01 «Теория обработки металлов давлением»;

4. Разработать контрольно-оценочные средства для проведения текущей и заключительной проверки освоения студентами знаний, умений, компетенций в рамках МДК.

Разработанные учебно-методические материалы и средства для лабораторных и практических работ по МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением обеспечат выполнение требований ФГОС СПО для обучения техников по специальности 22.02.05 «Обработка металлов давлением».

Практическая значимость работы состоит во внедрении в учебный процесс ГАПОУ СО КУТММ комплекта методических указаний для 9-ти лабораторных работ по технологическим испытаниям металла и практических работ по МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением. В результате курс полностью будет включать необходимые материалы для организации как аудиторных, так и самостоятельных работ студента.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИНФОРМАЦИИ О МЕТОДИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕДАГОГА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

1.1 Организационные формы, методы и средства планирования и проведения лабораторных работ в среднем профессиональном учебном заведении

При внедрении и реализации новых ФГОС, основанных на компетентностном подходе, большая роль отводится лабораторным работам и практическим занятиям, целью которых является формирование учебных и профессиональных практических умений и знаний. При этом требуется соответствующая организация учебного процесса и составление учебно-методической документации, разработки новых дидактических подходов для глубокого и успешного усвоения учебного материала. В связи, с чем возрастает роль и ответственность преподавателей, в части организации лабораторных работ и практических занятий студентов [24].

В процессе лабораторной работы как вида аудиторных занятий студенты выполняют одну или несколько лабораторных работ под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала[25].

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

- закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам междисциплинарных курсов профессионального модуля;
- формирование умений применять полученные знания на практике;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Междисциплинарные курсы, по которым планируются лабораторные работы, и их объем определяются учебными планами, рабочими программами профессиональных модулей (Приложение Б) [29].

Ведущей дидактической целью лабораторных работ является:

- экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений, законов, зависимостей (междисциплинарного курса по «Теории обработки металлов давлением»);

- формирование практических умений и навыков обращения с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки;

- формирование исследовательских умений (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты) [25].

В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием лабораторных работ могут быть:

- экспериментальная проверка формул, методик расчета, установление и подтверждение закономерностей, ознакомление с методиками проведения экспериментов;

- установление свойств металлов или сплавов, наблюдение протекания процессов во время испытаний (Приложение В).

Содержание лабораторных работ и практических занятий фиксируется в рабочих программах учебных дисциплин в пункте 2.2. «Тематический план и содержание учебной дисциплины» и в рабочих программах профессиональных модулей пункте 3.2. «Содержание обучения по профессиональному модулю» (Приложение Б) [29].

Состав заданий для лабораторной работы или практического занятия должен быть спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть выполнены качественно большинством студентов. Количество часов,

отводимых на лабораторные работы, фиксируется в рабочих программах профессиональных модулей [29].

Лабораторная работа как вид учебного занятия должна проводиться в специально оборудованных учебных лабораториях. Продолжительность - не менее 2-х академических часов. Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж по технике безопасности, проводимый преподавателем, а также подведение итогов выполнения лабораторной работы [25].

Лабораторные работы могут носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны:

- цель работы, пояснения (теория, основные характеристики);
- оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики;
- порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы;
- учебная и специальная литература [25].

Работы, носящие частично-поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др. [25].

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания [25].

При планировании лабораторных работ необходимо находить оптимальное соотношение репродуктивных, частично-поисковых и

поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации студентов на лабораторных работах: фронтальная, групповая и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2-5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание [25].

Для повышения эффективности проведения лабораторных работ рекомендуется:

- разработка лабораторных работ, сопровождающихся методическими указаниями, применительно к конкретной специальности;
- подчинение методики проведения лабораторных работ ведущим дидактическим целям с соответствующими установками для студентов;
- применение коллективных и групповых форм работы, максимальное использование индивидуальных форм с целью повышения ответственности каждого студента за самостоятельное выполнение полного объема работ;
- проведение лабораторных работ на повышенном уровне трудности с включением в них заданий, связанных с выбором студентами условий выполнения работы, конкретизацией целей, самостоятельным отбором необходимого оборудования;
- эффективное использование времени, отводимого на лабораторные работы, подбором дополнительных задач и заданий для студентов, работающих в более быстром темпе [25].

Требования к оформлению лабораторных работ по дисциплине отражаются в методических указаниях, которые рассматриваются и утверждаются предметными (цикловыми) комиссиями.

Оценки за выполнение лабораторных работ могут выставляться по пятибалльной системе или в форме зачета и учитываться как показатели текущей успеваемости студентов.

Тетради (папки) с выполненными работами хранятся у преподавателя и выдаются только во время проведения лабораторной работы [25].

Для составления отчета по лабораторным работам мы соблюдали следующую структуру основных пунктов, которые должны быть отражены в лабораторной работе:

- Название лабораторной работы;
- Цель лабораторной работы;
- Основное оборудование, инструмент и образцы;
- Основные теоретические сведения;
- Порядок выполнения работы;
- Выводы, которые должны быть получены в результате работы;
- Ответы на контрольные вопросы

Методическая деятельность педагога для успешного освоения студентами программы курса в соответствии с ФГОС должна основываться на педагогической диагностике.

1.2 Понятие педагогической диагностики и особенности методической деятельности педагога по разработке тестов контроля

Понятие «диагностика» в переводе с греческого означает «познание, определение». Педагогическую диагностику учёные рассматривают как механизм выявления индивидуальных особенностей и перспектив развития личности. С помощью педагогической диагностики анализируется учебный процесс и определяются результаты деятельности как студента, так и преподавателя. Для достижения целей в ходе диагностических процедур устанавливаются предпосылки к обучению, имеющиеся у отдельных студентов и у группы студентов в целом; определяются условия, необходимые для организации планомерного процесса обучения [8].

Педагогическая диагностика обеспечивает изучение учебно-воспитательного процесса, способствует выявлению предпосылок, условий и результатов педагогического процесса в целях его оптимизации и обоснования его результатов для развития общества (К. Ингекамп, 1968г). При этом под педагогической диагностической деятельностью он предлагает понимать процесс, в ходе которого, соблюдая необходимые научные критерии, педагог наблюдает за обучаемыми и проводит анкетирование, обрабатывает данные наблюдений и опросов и сообщает о полученных результатах с целью описать поведение, объяснить его мотивы или предсказать поведение в будущем [7,8].

Целью диагностики является получение научно-обоснованной информации о подготовке студента. Как известно, в техникумах сегодня используются самые различные методы и формы диагностики: устные и письменные контрольные работы, тесты, рефераты, коллоквиумы, семинары, курсовые, лабораторные и дипломные работы и т.д. Каждый из этих методов имеет как достоинства, так и недостатки. Для характеристики адекватности метода педагогического контроля поставленной цели используется понятие валидности метода, что означает степень, в которой метод проверки действительно проверяет то, для чего он был предназначен [8].

Для решения основных задач педагогической диагностики в качестве одного из наиболее эффективных методов, отвечающих требованиям качества измерений, можно применять тестирование [9].

На основании литературных данных можно сформулировать несколько правил, которые следует придерживаться при конструировании тестов:

- тестовое задание должно содержать большое количество вопросов, чтобы одно задание достаточно полно охватывало материал проверяемой темы (раздела);

– каждый вопрос и ответы к нему надо формулировать так, чтобы верный ответ смогли дать только те студенты, которые обладают знанием на требуемом уровне усвоения;

– в число неверных ответов, в первую очередь, необходимо включать такие, которые являются типичными ошибками, допускаемыми студентами;

– желательно чтобы «поле выбора», создаваемое рядом ответов, было достаточно широким и не могло служить подсказкой для ответа;

– в тесты надо включать вопросы, представления, понятия, суждения, умозаключения, являющиеся важными при изучении курса;

– вопросы должны легко читаться, суждения должны быть выражены просто и ясно;

– использовать надо только те термины и слова, значение которых точны и определены;

– формулировки вопросов не должны содержать «двусмысленностей»;

– ответы на одни вопросы не должны зависеть от ответов на другие вопросы, а также ответы на один вопрос не должны быть подсказкой для других вопросов;

– не следует правильные предложения, взятые из учебника, переделывать в неправильные прибавлением частицы «не»;

– следует избегать таких слов, как «иногда», «обычно», «часто», в правильных утверждениях и слов «всегда», «никогда», «невозможно», - в неправильных [1,11].

Основным требованием к тестам является надежность (степень точности, с которой тест измеряет определенное свойство или характеристику личности) и валидность (способность теста измерять, то что он должен измерять по замыслу) [9,11].

Под содержанием теста понимается оптимальное отображение содержания учебной дисциплины в системе тестовых заданий.

При создании теста обычно ставится задача отобразить в нем то основное, что студенты должны знать и уметь в результате изучения. Не обязательно требовать, чтобы все основные знания, навыки и представления входили в тест, некоторые из них заметно связаны между собой, иногда перекрывают друг друга по содержанию и потому могут замещаться.

При тестировании студентов выясняется, как знание, так и незнание, что достигается посредством системы заданий, нацеленных на выявление знаний. Использование тестов позволяет, сориентировать внимание преподавателя на ликвидацию обнаруженных пробелов [1].

Содержание теста не может быть только легким, средним или трудным. Легкие задания создают только видимость наличия знаний. Проверка минимального уровня знаний не даст представления о реальном уровне знаний. Искажает этот уровень и подбор заведомо трудных заданий, в результате чего у большинства студентов оказываются заниженные баллы.

Содержание теста должно отвечать логическим и сематическим требованиям. Среди логических требований нужно выделить, в первую очередь, определенность предмета измерения и логической процедуры его выделения. Это не что иное, как четко выделенное содержание таких знаний, которые не включали бы в себя знания из других учебных междисциплинарных курсов. Близость и связанность некоторых дисциплин или междисциплинарных курсов затрудняет точное определение предметной принадлежности некоторых знаний и тестовых заданий [15].

Тестовые задания позволяют провести поэлементный анализ усвоения материала. Большое количество вопросов, включаемых в задание, дает возможность в каждом из вопросов четко выделить конкретный элемент знания и установить, на сколько он усвоен студентами [9].

Также существует распространенная *классификация форм и видов тестовых заданий*. Выделяют четыре основные формы тестовых заданий, которые описаны в таблице 1:

- *закрытой формы*, в которой тестируемые выбирают правильные ответы из нескольких предложенных;
- *открытой формы*, где ответы дают сами испытуемые;
- *на соответствие*, при ответе на которые элементам одного множества требуется поставить в соответствие элементы другого множества;
- *на установление правильной последовательности*, в которых устанавливается требуемая заданием последовательность действий, операций, вычислений [9].

Таблица 1 - Основные формы тестовых заданий

Типы заданий	Краткое описание (характеристика)
1	2
1. Задания закрытого типа (выбор правильного ответа)	Задание содержит вопрос и имеет два варианта ответов (да/нет, верно/неверно). Недостаток — высокая степень угадывания, которая может быть уменьшена за счёт увеличения числа заданий в тесте. Число правильных ответов типа "да" или "нет" должно быть примерно равным, что предупреждает желание ответить одинаково на все вопросы.
1.1. Альтернативный выбор	
1.2. Задание с одним (отрицательным или положительным) правильным ответом	Задание содержит вопрос и несколько правдоподобных ответов (пять – оптимальное число), <u>из которых один правильный</u> . Сложность – поиск правдоподобных ответов; лучший вариант, если ответы являются верными, но в других ситуациях.
1.3. Задание с несколькими (отрицательным или положительным) правильными ответами	Задание содержит вопрос и несколько правдоподобных ответов (пять – оптимальное число), <u>из которых несколько правильных</u> . Сложность – поиск правдоподобных ответов; лучший вариант, если ответы являются верными, но в других ситуациях.
1.4. Задания на исключение лишнего	В задании представлен перечень слов, элементов, событий, законов, процессов, предметов и т.д. по определённому признаку, свойству, области применения, принадлежности к классу, блоку, системе и т.п.
2. Задания открытого типа (или задания со свободно конструируемым ответом)	Ответ в произвольной форме. Требуется вписать пропущенное слово, символ, знак и т.д. Прочерк ставится на месте ключевого термина, знания которого проверяется.
2.1. Задание дополнение	Как правило, это условие задачи или описание конкретной ситуации, требующие решения. Сложность составления задания связано со сложностью формализации ответов.
2.2. Задание свободного изложения	

3. Задания на соответствие	Даётся две колонки слов, фраз, рисунков, формул и требуется определить соответствие. Число вопросов и ответов должно быть неравным.
3.1. Задания на классификацию (могут быть закрытыми или открытыми)	Для классификации необходимо сравнить объекты по общему для них всех признаку, нельзя классифицировать по двум различным признакам, классификация должна быть исчерпывающей, каждый объект попадает только в один класс.

Продолжение таблицы 1

Типы заданий	Краткое описание (характеристика)
1	2
4. Задания на установление последовательности	В задании в произвольном порядке приводятся действия или процессы, связанные с определённой задачей. Необходимо установить правильный порядок приведённых действий и указать его с помощью цифр.

В начале любого теста дается краткая инструкция по выполнению задания, например, «*Выберите правильный ответ...*», «*Выберите наиболее правильный ответ...*», «*Впишите в свободном поле ответ...*» и т.п. Если задания представлены в одной форме, инструкция пишется один раз для всего теста. Если же тест включает различные задания, то перед каждым новым заданием пишется новая инструкция. Текст задания, как правило, пишется прописными буквами или жирным шрифтом для того, чтобы зрительно сразу же отделить само задание от вариантов ответа [9].

Задания с выбором ответа (закрытый тест), задания «дополните предложение» (открытый тест) оцениваются в один и два балла соответственно. Как правило, на одно задание с выбором ответа приходится около минуты, а на составление свободного ответа – около трёх минут [9].

Оценка по результатам выполнения заданий 1-го и 2-го уровней усвоения часто выставляется путем определения соотношения правильно и неправильно выполненных этапов задания и затем вычисления коэффициента усвоения (K):

$$K = \frac{n}{N},$$

где n – число правильных ответов;

N – число вопросов, содержащихся в тексте задания.

Число вопросов, содержащихся в тексте задания, $N = 20$.

При $K = 0,9 - 1,0$ выставляется оценка «отлично»,

При $K = 0,8 - 0,9$ – оценка «хорошо»,

При $K = 0,7 - 0,8$ – оценка «удовлетворительно»,

При $K = < 0,7$ – оценка «неудовлетворительно».

ФГОС +3 дает широкие возможности педагогу использовать в своей профессиональной деятельности различные методы и формы обучения и контроля сформированных знаний, умений и компетенций будущих специалистов, в частности по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением.

1.3 Анализ федерального государственного образовательного стандарта СПО по специальности 22.02.05 «Обработка металлов давлением»

Программа подготовки специалистов среднего звена, реализуемая ГАПОУ СО «Каменск-Уральским техникумом металлургии и машиностроения» представляет собой комплекс нормативно-методической документации, регламентирующий содержание, организацию и оценку качества подготовки обучающихся и выпускников по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением на основе Федерального государственного образовательного стандарта по соответствующему направлению подготовки (специальности) среднего профессионального образования [24].

В основе ФГОС СПО третьего поколения лежит компетентностный подход, определяющий, прежде всего, требования к результатам образования, что ведет к системным изменениям основной профессиональной образовательной программы и её основных документов, регламентирующих содержание и организацию образовательного процесса: учебного плана, программ учебных дисциплин, профессиональных модулей, методических рекомендаций и т.д. [23].

Последнее десятилетие для профессионального образования принесло осознание того, что цели, стоящие перед образовательной системой,

определяются рынком труда. В качестве основной задачи профессиональной подготовки декларируется формирование профессиональных компетенций.

Компетенция представляет собой интегрированное понятие и выражает способность применять элементы знаний и умений в самых различных ситуациях, способность делать что-либо компетентно, т.е. предвидя или прогнозируя результат этой деятельности. Для этого в структуре учебного процесса должны быть отражены сложность и многообразие профессионально значимых объектов и ситуаций, их принципиальную несводимость к сумме своих отдельных предметных сущностей [23].

В сложившейся предметной системе профессионального обучения возникают определенные трения между разрозненными по учебным предметам знаниями и противоречия между профессиональной компетентностью как интегральной характеристикой качества обучения и средствами ее формирования в рамках отдельных учебных предметов.

Указанные противоречия могут быть устранены лишь за счет интеграции содержания образования, за счет сознательного формирования и введения в учебный процесс междисциплинарных курсов, которые разрешают существующие в предметной системе обучения противоречие между разрозненным усвоением разнопредметных знаний и необходимостью их последующего синтеза и комплексного применения в практике и профессиональной деятельности.

Основная профессиональная образовательная программа по специальности СПО 22.02.05 Обработка металлов давлением (базовой подготовки) предусматривает освоение общих компетенций:

- Техник должен обладать общими компетенциями, включающими в себя способность:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности [23].

Предложенный в данной методической разработке Междисциплинарный курс МДК. 03.01. Теория обработки металлов давлением входит в программу профессионального модуля ПМ 03. Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением.

В результате освоения МДК 03.01 Теории обработки металлов давлением и в частности при выполнении лабораторных работ у студентов формируются следующие профессиональные компетенции:

ПК 3.1. Проверять правильность назначения технологического режима обработки металлов давлением;

ПК 3.4. Рассчитывать показатели и коэффициенты деформации обработки металлов давлением;

Обучающийся при выполнении лабораторных работ должен иметь практический опыт:

- выполнения необходимых расчетов технологических процессов обработки металлов давлением;

- пользования нормативно-справочной литературой;

уметь:

- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов;

- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

- обосновывать вид схем напряженного состояния при различных способах обработки металлов давлением и оценивать их влияние на качество и технологичность изделий;

знать:

- механизм и физическую природу пластического формоизменения металла в процессе обработки его давлением;

- влияние различных факторов на поведение металла при пластической деформации;

Например, при проведении лабораторной работы № 3 по теме «Исследование операции обжима» у студентов формируются умения рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации на обжатие;

И соответствующие знания на влияние различных факторов на поведение металла при пластической деформации;

Важным положительным моментом является то, что ФГОС дает свободу педагогу разрабатывать учебно-методическое сопровождение процесса обучения.

2. РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУ «ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ»

2.1 Проектирование заданий и методических указаний для лабораторных работ по выполнению технологических испытаний металлов и сплавов и практических работ

Методические указания к лабораторным и практическим работам составлены в соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки по специальности СПО 22.02.05 «Обработка металлов давлением» и предназначены для выполнения лабораторных работ по междисциплинарному курсу 03.01. Теория обработки металлов давлением [29].

В результате выполнения лабораторных работ студент должен:

иметь практический опыт:

– пользования нормативно-справочной литературой;

уметь:

– выбирать справочные данные, характеризующие свойства обрабатываемых металлов и сплавов;

– рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

– пользоваться измерительным инструментом и следить за техникой безопасности и правилами эксплуатации лабораторного оборудования;

– оказывать первую медицинскую помощь пострадавшему.

знать:

– правила техники безопасности и строго выполнять их при работе на лабораторном оборудовании.

– правила пользования измерительным инструментом и следить за его исправностью;

– физическую природу пластического формоизменения металла в процессе технологических испытаний;

В ходе выполнения лабораторных работ у студентов формируются практические умения и навыки обращения с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

При проектировании методических указаний к нашим лабораторным работам, мы придерживались ряда требований:

1. Все лабораторные работы рекомендуется производить в следующей последовательности:

Вводная часть:

- организационный момент;
- мотивация учебной деятельности;
- сообщение темы, постановка целей;
- повторение теоретических знаний, необходимых для работы с оборудованием и осуществления испытаний металлов;
- выдача задания;
- определение алгоритма проведения испытания;
- инструктаж по технике безопасности (при необходимости);
- ознакомление с программным обеспечением *Lab View* для фиксации полученных результатов;
- допуск к выполнению работы.

Самостоятельная работа обучающегося:

- определение путей решения поставленной задачи;
- выработка последовательности выполнения необходимых действий;
- проведение испытания на лабораторном оборудовании;

- составление отчета;
- обобщение и систематизация полученных результатов (таблицы, графики, схемы).

Заключительная часть:

- подведение итогов занятия: анализ хода выполнения и результатов работы обучающихся;
- выявление возможных ошибок и определение причин их возникновения;
- получение домашнего задания (оформление лабораторной работы требованиям ГОСТ);
- защита выполненной работы [26].

2. Составление отчета по лабораторным работам имеет следующую структуру:

- Название лабораторной работы;
- Цель лабораторной работы;
- Основное оборудование, инструмент и образцы;
- Основные теоретические сведения;
- Порядок выполнения работы;
- Указания по технике безопасности при работе с лабораторным оборудованием;
- Выводы, которые должны быть получены в результате работы.

В данный сборник входит 9 лабораторных работ (таблица 1), в каждой работе даются краткие методические указания, и их следует строго выполнять.

При проведении лабораторных работ учебная группа согласно нормативным требованиям к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников может делиться на под группы численностью не менее 8 человек.

Перед началом лабораторных работ я провожу инструктаж по технике безопасности в лаборатории при обращении с оборудованием и инструментом. Инструктаж по технике безопасности фиксируется в специальном журнале, где каждый студент расписывается.

Таблица 2 - Перечень лабораторных работ

Номер работы	Наименование работы	Кол. часов
1	Паспортизация основного технологического оборудования.	2
2	Технологическая операция вытяжка.	2
3	Технологическая операция вырубка.	2
4	Технологическая операция гибка	2
5	Технологическая операция отбортовка	2
6	Технологическая операция обжим.	2
7	Технологическая операция раздача.	2
8	Технологическая операция осадка.	2
9	Технологическая операция штамповка.	2
10	Технологическая операция прессование.	2
	Всего	20

Далее представим материалы, разработанные специально для проведения инструктажа перед комплексом лабораторных работ. Устный инструктаж я планирую проводить по следующей схеме:

- назначение оборудования;
- комплектность;
- основные технические данные;
- набор штампов;
- устройство и принцип работы гидравлического пресса или универсальной машины;
- подготовка к работе пресса или универсальной машины;
- работа программного обеспечения ОМД;
- указание мер безопасности;
- порядок работы.

При этом все студенты изучают инструктаж непосредственно рядом с оборудованием. Где они имеют возможность увидеть и понять наиболее

важные элементы работы лабораторного оборудования и программного обеспечения.

Рабочее место студента оборудовано специальным столом, на котором находится лабораторная установка, персональный компьютер, набор штампов для проведения технологических исследований. Так как студенты будут работать впервые, в этом случае в лабораторной работе имеются рисунки и схемы последовательного выполнения операций, обозначение размеров заготовок и напряжения, действующие в них.

В каждой лабораторной работе после темы мы обозначаем цель работы, акцентируя внимание обучающихся на том, что им предстоит сделать в ходе самостоятельной работы: какие явления исследовать, каким операциям научиться, значение каких величин найти и т.д.

После изучения цели лабораторной работы, обучающиеся знакомятся с оборудованием, инструментом, образцами, которые будут использоваться в лабораторной работе (приложение В).

В лабораторных работах описывается краткие теоретические сведения, которые дают базовую теоретическую информацию на ознакомительном уровне, которая требуется ему при решении задач (целей) поставленных в лабораторной работе. Так как лабораторные работы выполняются студентами самостоятельно, то материал излагается кратко доступным языком и подкрепляется большим количеством рисунков, которые сопровождаются подробным описанием. Еще лабораторные работы включают в себя много формул, каждая формула так же сопровождается подробным пояснением всех физических величин.

При выборе наглядных иллюстраций для методических указаний к лабораторным работам мы придерживались четких критериев с рисунками: наглядность и понятность. Рисунок должен быть четким, ярким, схематично отображать суть производимой операции. Поэтому используемые нами рисунки были взяты из учебников: Вишневецкий Ю.Т. Материаловедение для технических колледжей и Материаловедение Адашкин М.А., Зуев В.М.

Например, на рисунке 1, а - изображена заготовка в разрезе перед технологическим испытанием; б, в – обжатая заготовка после испытания.

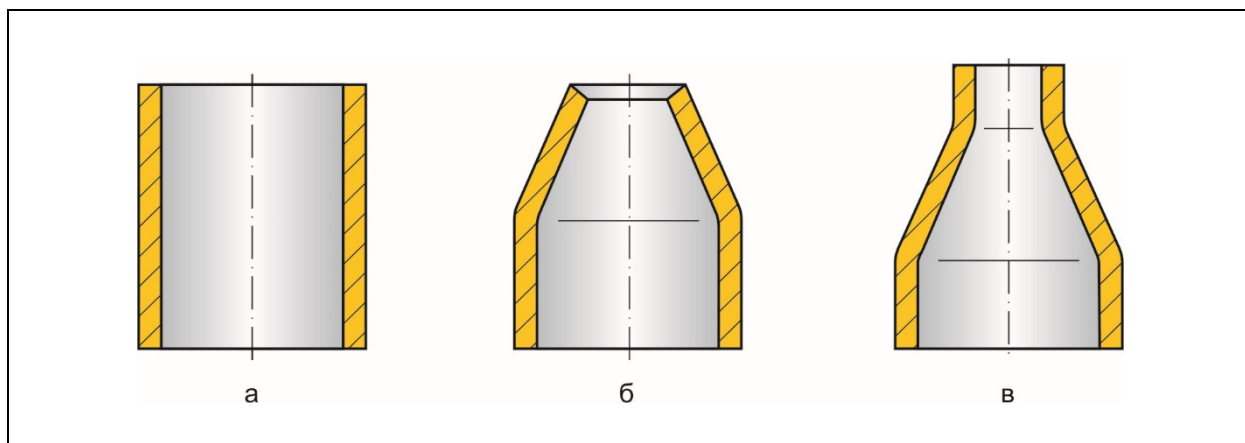


Рисунок 1 – Образцы заготовок

а - заготовка, б - обжим на конус, в - обжим на цилиндр

Например, на рисунке 2 изображен штамп, в который установлена заготовка и показано последовательное проведение технологического испытания образца.

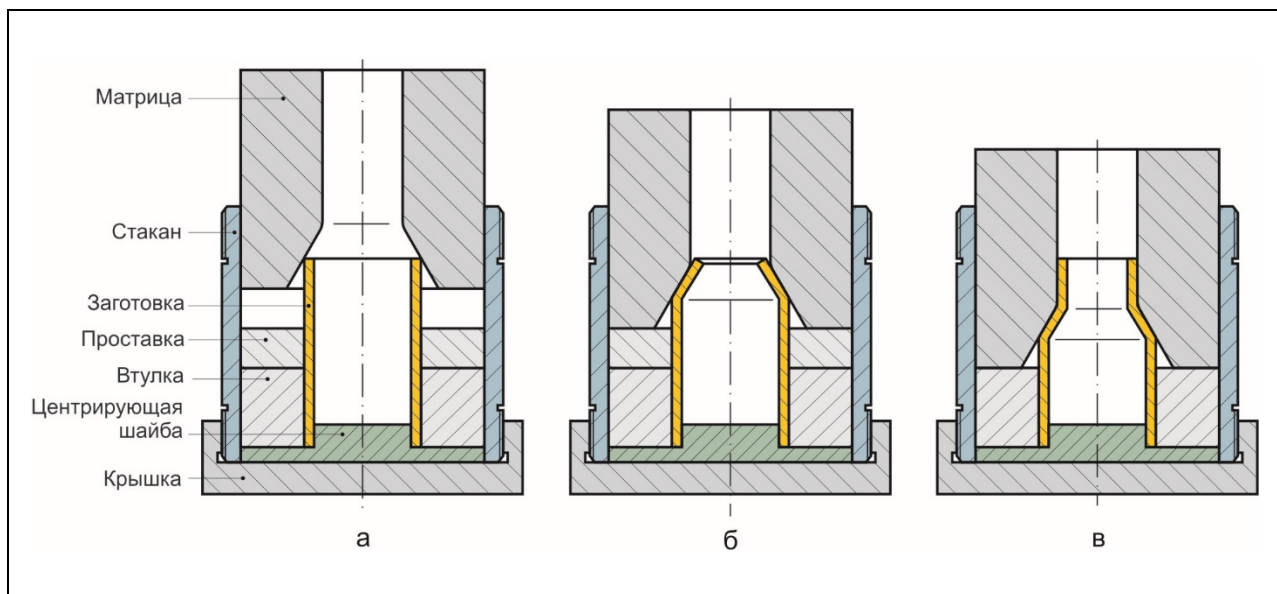


Рисунок 2 - Специальное приспособление для обжима

Таким образом материал становится простым для освоения обучающимися теоретической части самостоятельно.

Далее в лабораторной работе описывается последовательность выполнения технологических исследований – какие измерения и расчеты

проводятся перед испытанием металлов, последовательность проведения самих технологических испытаний, выполнение обработки полученных результатов и заполнение итоговой таблицы с исходными, расчетными и экспериментальными данными.

Полученные результаты мы с обучающимися можем сравнить или проверить в ГОСТе на технологические испытания по данной операции.

Согласно типовому положению о критериях оценки для лабораторных и практических работ мною были разработаны оценки для лабораторных работ по теории обработки металлов давлением [25,26].

Критерии оценки лабораторных работ.

Оценка «5» ставится в том случае, если обучающийся:

а) выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;

б) самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для работы необходимое оборудование, все эксперименты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью;

в) в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы;

г) соблюдал требования безопасности труда.

Оценка «4» ставится в том случае, если выполнены требования к оценке «5», но:

– эксперимент проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений;

– было допущено два-три недочета, или не более одной негрубой ошибки и одного недочета исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и

выводы, или если в ходе проведения эксперимента и измерений были допущены следующие ошибки:

а) эксперимент проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью;

б) в отчете были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализе погрешностей и т. д.), не принципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения;

в) работа выполнена не полностью, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы;

г) были допущены не грубые нарушения по технике безопасности во время выполнения работ.

Оценка «2» ставится в том случае, если:

а) работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов;

б) опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно;

в) в ходе работы и в отчете обнаружились в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке «3» [25,26].

При составлении практических работ и отбора содержания мы основывались на знаниях и умениях, которыми должен обладать техник по обработке металлов давлением за время изучения междисциплинарного курса.

В результате выполнения практических работ студент должен,

иметь практический опыт:

– выполнения необходимых расчетов технологических процессов обработки металлов давлением;

– пользования нормативно-справочной литературой;

уметь:

- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;
- обосновывать вид схем напряженного состояния при различных способах обработки металлов давлением и оценивать их влияние на качество и технологичность изделий;
- выбирать условия обработки, при которых металл будет иметь оптимальную пластичность.

знать:

- особенности технологического производства продукции различного сортамента;
- механизм и физическую природу пластического формоизменения металла в процессе обработки его давлением;
- законы напряженно-деформированного состояния в пластически обрабатываемом металле;
- влияние различных факторов на поведение металла при пластической деформации [29].

При выборе наглядных иллюстраций для методических указаний к практическим работам мы придерживались четких критериев рисунков с графиками зависимости механических свойств сплавов: наглядность и понятность, а также четкость и яркость их исполнения. Поэтому используемые нами рисунки с графиками зависимости механических свойств сплавов были взяты из учебников: Богоявленский К.И., Желобов В.В., Ландихов А.Д. Обработка цветных металлов и сплавов давлением и Смирягин А.П., Смирягина Н.А., Белова А.В. Промышленные цветные металлы и сплавы.

Например, на рисунке 3 изображён график зависимости механических свойств (σ_B , σ_T , δ) латуни Л80 от степени деформации.

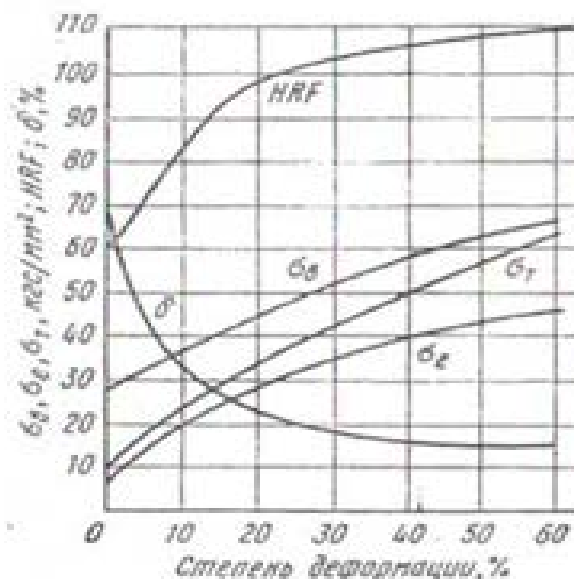


Рисунок 3 - Зависимость механических свойств латуни Л80 от степени деформации.

А при выборе содержания для методических указаний к практическим работам мы использовали учебники, в которых есть примеры расчётов: полного давления металла на валки, определение размеров слитка при прессовании, определение механических свойств металла и т.д. Поэтому используемые нами формулы и последовательность выполнения были взяты из учебников: Богоявленский К.И., Желобов В.В., Ландихов А.Д. Обработка цветных металлов и сплавов давлением., Ерманок М.З. Прессование профилей из алюминиевых сплавов. Желобов В.В., Зверев Г.И. Прессование металлов.

Например: Полное давление металла на валки при горячей прокатке, рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{b_0 + b_1}{2} \times l_d \times P_{\text{ср}},$$

где b_0 ; b_1 – ширина проката, мм;

l_d – длина дуги захвата, мм;

$P_{\text{ср}}$ – среднее удельное усилие, которое при горячем прокате зависит от прокатываемого металла или сплава, скорости деформации, температуры

прокатки, диаметра валков, величины обжатия, коэффициента трения, кгс/мм².

Определим длину дуги захвата по формуле:

$$l_d = \sqrt{R_B \times \Delta h},$$

где R_B – радиус валка, мм;

Δh – величина обжатия, мм.

$$R_B = \frac{D_B}{2},$$

где D_B – диаметр валка, мм.

Величина обжатия определяется по формуле:

$$\Delta h = h_0 - h_1,$$

где h_0 – начальная ширина проката, мм;

h_1 – конечная ширина проката, мм.

В практических работах были разработаны многовариантные задания, которые дают возможность выполнять практические задания каждому студенту из группы свой вариант равноценный по объему и сложности. Такие таблички с вариантами заданий прилагаются в методических указаниях по выполнению практических работ.

Для составления письменного отчета по практическим работам мы придерживались к ряду требований, которые имеет следующую структуру:

- Название практической работы;
- Цель практической работы;
- Исходные данные для решения практической работы;
- Порядок выполнения работы;
- Выводы, которые должны быть получены в результате работы.

После самостоятельного выполнения практических работ студенты оформляют свою практическую работу и готовятся к сдаче зачета. Оценки за выполнение практических работ могут выставляться по пятибалльной

системе (критерии оценок прописаны в лабораторных работах) и учитываются как показатели текущей успеваемости студентов.

2.2 Отбор содержания и конструирование фонда оценочных средств для проведения текущего и заключительного контроля знаний и умений студентов по МДК «Теория обработки металлов давлением»

В настоящее время в образовательных учреждениях системы среднего профессионального образования (СПО) общепризнанным подходом при оценке качества обучения является уровневая модель усвоения знаний и структуры деятельности, предложенная академиком В.П. Беспалько:

1 уровень – ученический: узнавание, то есть репродуктивное действие с подсказкой – заданы цель, действия и ситуация;

2 уровень – алгоритмический: репродуктивное действие по памяти – заданы цель и ситуация;

3 уровень – эвристический: выполнение продуктивной деятельности на некотором множестве объектов, создание учащимися субъективно новой для себя информации;

4 уровень – творческий: выполнение продуктивной деятельности, результат которой – создание объективно новой информации.

Для проверки усвоения знаний на различных уровнях используют тестовые задания. Они удобны в использовании и позволяют охватить большой объем пройденного материала.

Конструирование теста начинают с определения целей тестирования. Далее исходя из целей, отбирают содержание теста.

Поскольку в тестах почти всегда используется ограниченное количество заданий, необходимо чтобы эти задания однозначно показывали знания и умения, учащихся по предмету (разделу, теме). Для этого составляется технологическая матрица с информационной характеристикой теста. Технологическая матрица показывает содержание фрагментов темы (в виде учебных элементов - УЭ), какое содержание какими заданиями теста

проверяется, сведения о важности учебного элемента по частоте использования в тесте. Наглядное «покрытие» учебных элементов тестовыми заданиями дает возможность увидеть мощность задания и время его выполнения.

Цель тестирования заключается в обнаружении у студентов основных теоретических знаний, практических умений и навыков, которая определяется в соответствии с ФГОС СПО специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением, рабочей программой ПМ 03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением.

Для конструирования тестов для итогового контроля по МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением определим учебные элементы (из рабочей программы профессионального модуля), которые будут заложены в матрице покрытия (таблица 3 и 4).

Раздел 1 «Основы теории пластической деформации» состоит из учебных элементов (УЭ):

- УЭ 1. Виды ОМД
- УЭ 2. Понятие о пластической деформации.
- УЭ 3. Величины характеризующие напряженное состояние
- УЭ 4. Главные напряжения. Схемы главных напряжений.
- УЭ 5. Главные деформации. Схемы главных деформаций.
- УЭ 6. Неравномерность распределения деформаций
- УЭ 7. Дополнительные напряжения.
- УЭ 8. Остаточные напряжения.
- УЭ 9. Механизм пластической деформации.
- УЭ 10. Виды дислокаций
- УЭ 11. Движение дислокаций.
- УЭ 12. Скорость движения дислокаций. Взаимодействие дислокаций
- УЭ 13. Холодная пластическая деформация поликристалла.
- УЭ 14. Основные виды деформаций при ОМД.

- УЭ 15. Влияние температуры и химического состава на сопротивление деформации.

- УЭ 16. Влияние скорости деформации на сопротивление деформации и пластические свойства.

- УЭ 17. Влияние внешнего трения при ОМД.

- УЭ 18. Работа при пластической деформации

Раздел 2 «Прокатка. Теоретические основы прокатки» состоит из учебных элементов (УЭ):

- УЭ 19. Виды прокатки. Геометрия очага деформации при прокатке.

- УЭ 20. Понятие о пластической деформации.

- УЭ 21. Величины, характеризующие деформацию тела (коэффициенты деформации).

- УЭ 22. Уширение при ОМД.

- УЭ 23. Виды уширения. Факторы, влияющие на уширение.

- УЭ 24. опережение и отставание при прокатке

- УЭ 25. Влияние различных факторов на распределение удельных усилий по дуге захвата.

- УЭ 26. Неравномерность деформации при прокатке

- УЭ 27. Геометрические явления при прокатке

- УЭ 28. Допустимые усилия металла на валки.

- УЭ 29. Закон подобия и закон постоянства объемов.

Составим матрицу покрытия области знаний, которая даст возможность увидеть информационную мощность тестовых заданий и важность учебных элементов по частоте использования в тесте, для итогового контроля по МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением.

Таблица 3 - Матрица покрытия учебных элементов (УЭ) заданиями теста

Номер тестовог о задания	Раздел 1 «Основы теории пластической деформации»																		Информа- ционная мощность
	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	
	Э	Э	Э	Э	Э	Э	Э	Э	Э	Э	Э	Э	Э	Э	Э	Э	Э	Э	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1		+																	1
2			+																1
3														+	+				2
4														+					1
5				+															1
6				+	+														2
7														+	+				2
8		+																	1
9			+																1
10																			1
11															+				2
12																			1
13																			1
14						+													1
15							+										+		2
16				+															2
17																			1
18																+			1
19									+	+	+	+							4
20													+						1
21	+																	+	2
22	+																		2
23	+																		2
24	+							+											2
25	+														+				2
26									+	+	+	+							4
27														+					2
28					+														2
29															+				1
30																			1
31																			1
32																			1
Важность УЭ по частоте использова ния в тесте	5	2	2	3	2	1	1	1	2	2	2	2	4	4	2	1	1	1	51

Таблица 4 - Матрица покрытия учебных элементов (УЭ) заданиями теста

Номер тестового задания	Раздел 2 «Прокатка. Теоретические основы прокатки»											Информационная мощность
	УЭ 19	УЭ 20	УЭ 21	УЭ 22	УЭ 23	УЭ 24	УЭ 25	УЭ 26	УЭ 27	УЭ 28	УЭ 29	
1												1
2												1
3												2
4												1
5												1
6												2
7												2
8												1
9												1
10		+										1
11	+											2
12			+									1
13								+				1
14												1
15												2
16										+		2
17											+	1
18												1
19												4
20												1
21												2
22					+							2
23							+					2
24												2
25												2
26												4
27				+								2
28									+			2
29												1
30					+							1
31						+						1
32											+	1
Важность УЭ по частоте использования в тесте	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	51

Важность учебного элемента по частоте использования в данном тесте находится в зависимости от того, в скольких тестовых заданиях проверяется их знание. Критерием важности учебных элементов по частоте

использования в тесте (темы, раздела) является знание учебного материала для продолжения образования.

Информационная мощность данного тестового задания указывает на то, что в тесте учувствует 51 учебный элемент, знание которых проверяет данное тестовое задание. Те учебные элементы, не задействованные в проверке знаний студентов в тестовом режиме, проверяются текущим контролем на лабораторных и практических занятиях.

Отбор содержания учебного материала для тестовых заданий производить на основании некоторых принципов:

- значимость – указывает на необходимость включения в тест только тех элементов, которые можно отнести к наиболее важным, ключевым, без которых знания становятся неполными, с многочисленными пробелами;

- научная достоверность – в тест включается только то содержание междисциплинарного курса, которое являются объективно истинным и поддается рациональной аргументации;

- возрастающая трудность – каждый элемент содержания образования в процессе обучения и контроля обладает некоторой усредненной для студентов мерой трудности, на которую и ориентируются преподаватели;

- вариативность содержания – содержание теста не может оставаться неизменным и независимым от развития науки, от нового содержания междисциплинарного курса и от новых учебников;

- системность содержания – подбор такого содержания тестовых заданий, который отвечал бы требованиям системности знаний. Помимо подбора заданий с системным содержанием важно иметь задания, связанные между собой общей структурой знаний;

- комплектность и сбалансированность – тест для итогового контроля знаний, не может состоять из материалов только одной темы, даже если эта тема является самой ключевой в междисциплинарном курсе, необходимо

искать задания, комплексно отображающие основные, если не все, темы учебного процесса [1,9].

Для формирования знания по теории и практики обработки металлов давлением при изучении МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением необходимо проанализировать и отобрать содержание учебной информации для разработки тестов промежуточной аттестации по изученным темам МДК.

Тема 1 Виды процессов ОМД [18].

Сущность процессов ОМД состоит в предании металлу определенной формы, при этом изменяются свойства и структура металла.

Существует несколько видов процессов ОМД: прокатка, прессование, волочение, ковка, штамповка.

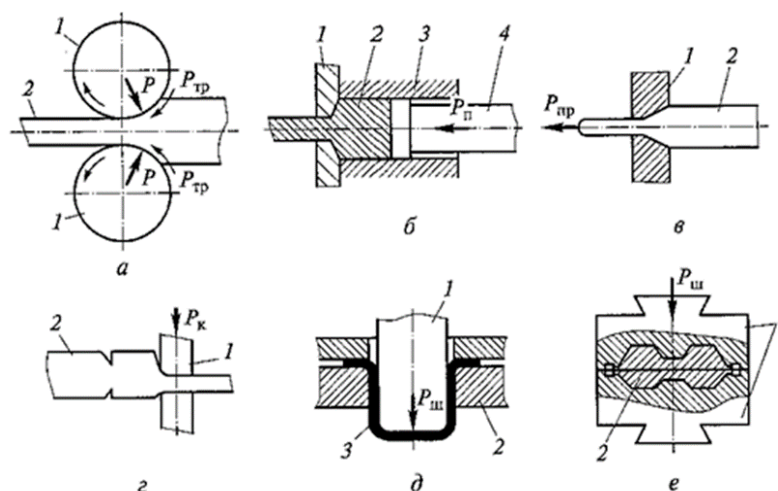


Рисунок 4 - Основные виды обработки металлов давлением:

а - прокатка; б - прессование; в, г - волочение; д - листовая штамповка (один из процессов); е - ковка; P - усилие прижатия прокатных валков; $P_{тр}$ - усилие трения; $P_{п}$ - усилие прессования.

При *продольной* прокатке металл деформируется (обжимается) между двумя валками, вращающимися в разные стороны. Прокатываемая заготовка втягивается в зазор между валками под действием сил трения: при этом уменьшается ее высота и увеличивается длина и ширина

Одним из наиболее ранних видов ОМД является *прессование*, которое заключается в выдавливании металла через отверстие матрицы. Способ

прессования широко применяют для производства труб, прутков, профилей из цветных металлов и сплавов

При *волочении* заготовка протягивается через отверстие в волоке, площадь ее поперечного сечения уменьшается, а иногда изменяется и форма сечения.

Наиболее древним видом является *ковка*

В 19в. появилась разновидность свободнойковки – объемная *горячая штамповка*. В этом случае металл приобретает форму полостей штампа этот процесс сокращает время изготовления поковки и позволяет максимально приблизить размер и форму заготовки к готовой детали.

Тема 2 Понятие о пластической деформации [18].

В кристалле можно выделить ряд плоскостей, проходящих через узлы (атомы) кристаллической решетки. Эти плоскости получили название *кристаллографических*. Например, в решетке объемно-центрированного куба можно выделить плоскость, проходящую через грань куба (Р, а), через диагонали граней куба (Р, б) и через вершины куба (Р, в). Следовательно, когда по этим плоскостям проходит деформация, их называют *плоскостями скольжения*.

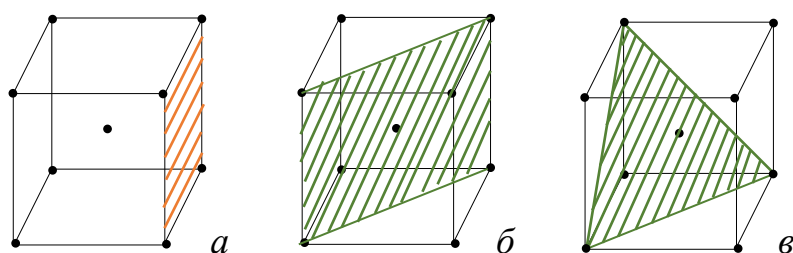


Рисунок 5 - Кристаллографических плоскости в решетке объемно-центрированного куба.

Тема 3 Величины характеризующие напряженное состояние [18].

Тело под действием системы находящейся в равновесии внешних сил изменяет свою форму. Изменение формы или деформации в зависимости от величины действующих сил может быть упругим или упруго-пластичным.

Деформация – это совокупность трех взаимно накрывающихся и последовательно идущих процессов: упругой деформации, пластической деформации и разрушения.

Действие поверхностных сил при обработке металлов давлением передается каким-либо инструментом на тело через поверхность контакта. Поверхностные силы уравниваются внутренними силами. Интенсивность внутренних сил, отнесенных к единице площади, называют *напряжением*.

Напряжения определяются делением приложенной силы на площадь:

$$\sigma = \frac{P_x}{F} \text{ кг/мм}^2 ,$$

где x – означает, что мы рассматриваем сечение или точку в данный момент времени;

P – приложенная сила (кг);

F – площадь поперечного сечения (мм²).

Деформацию называют *упругой* (обратимая) если после удаления приложенных сил тело полностью восстанавливает первоначальную форму и размеры.

Деформацию называют *пластической* (остаточной) если после удаления приложенных сил тело не восстанавливает полностью свою первоначальную.

Тема 4 Главные напряжения. Схемы главных напряжений [18].

Напряжение в теле удобнее характеризовать его проекциями на координатные оси, а сечения удобнее проводить перпендикулярно осям координат. Если взять сечение перпендикулярно оси X , то проекция полного напряжения σ_x на оси координат будут .

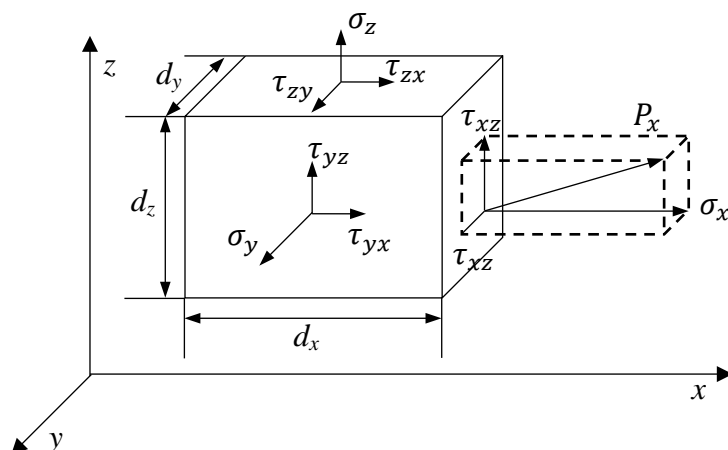


Рисунок 6 - Напряженное состояние в выделенном параллелепипеде нагруженного тела бесконечно малых размеров в прямоугольной системе координат.

Величина σ_x является нормальной составляющей, величины представляют собой касательные составляющие полного напряжения. Аналогично предыдущему получим следующую систему напряжений на оси Y и Z.

$$\tau_{\sigma} = \begin{vmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{vmatrix}$$

Совокупность этих девяти величин называется *тензором напряжений*.

Индексы при буквах σ обозначают направления нормальных напряжений. Первые значки индексов при τ обозначают направление нормалей, а вторые значки при τ направление касательных напряжений.

Всего существует 9 схем напряженного состояния: две линейных – одноосное сжатие и растяжение, три плоских - двухсторонне сжатие, двухстороннее растяжение и одноосное сжатие и одноосное растяжение и четыре объемных схемы - трехосное сжатие и растяжение, двухстороннее сжатие и одноосное растяжение и двухстороннее растяжение, и одноосное сжатие.

Тема 5 Главные деформации. Схемы главных деформаций [18].

Не каждая схема напряженного состояния имеет аналогичную схему деформации.

Нельзя получить схемы одноосных (линейных) деформаций, потому что объем металлов при пластической деформации - постоянный. Если при простом растяжении или сжатии происходит деформация, то она не линейная, а объемная — увеличение или уменьшение длины образца ведет к соответствующему увеличению или уменьшению площади поперечного сечения. Три плоские схемы напряженного состояния образуют только одну схему деформаций, совпадающую по направлению со схемой одноосного сжатия и одноосного растяжения

Исходя из условия постоянства объема при деформации максимальная главная деформация равна сумме двух других взятых с противоположным знаком. Следовательно, могут быть только три вида схем главных деформаций:

- 1) с одной положительной деформацией и с двумя отрицательными (Рис.8 а);
- 2) с одной отрицательной деформацией и двумя положительными (Рис.8 б);
- 3) с одной стороны, деформацией равной 0 и двумя другими противоположными по знаку (Рис. 8 в).

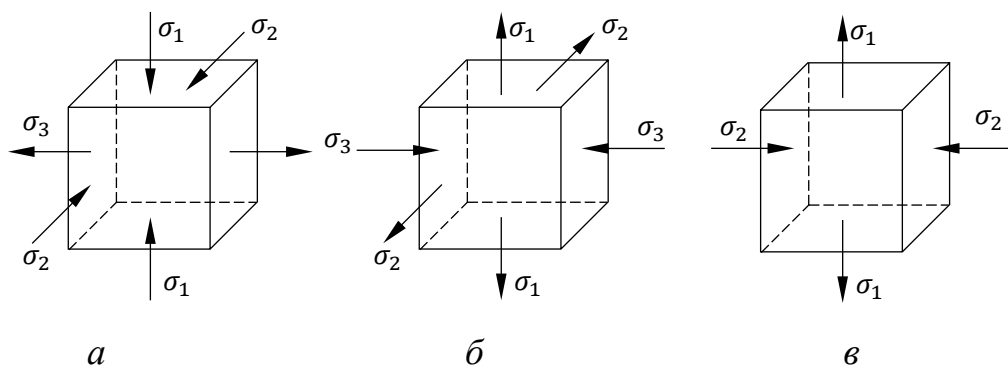


Рисунок 7 - Схемы главных деформаций.

Первые две схемы будут пояснять объемные процессы пластической деформации, третья схема – плоские.

При этом *положительной* считается деформация растяжения, *отрицательная* деформация — это сжатие.

Тема 6 Неравномерность распределения деформации и напряжений [18].

В процессах обработки металлов давлением деформация всегда неравномерна, т.е. различные участки металла деформируются неодинаково.

Неравномерность деформации вызывается одной из следующих *причин* (или их комбинаций):

1) деформацией тела, которая осуществляется не по всему телу одновременно, а по участкам;

2) влияние возникающих сил трения по поверхности соприкосновения инструмента с металлом, искажающих характер напряженного и деформированного состояния;

3) формой инструмента;

4) формой и размерами обрабатываемого тела;

5) неоднородностью свойств обрабатываемого металла (неравномерный нагрев, неоднородный химический состав и др.).

Тема 7 Дополнительный напряжения [18].

При анализе некоторых процессов обработки металлов давлением в деформируемом теле появляются, кроме основных, дополнительные напряжения. Это напряжения алгебраически суммируются с основными напряжениями, в результате чего появляются рабочие напряжения, определяющие пластическую деформацию тела. Дополнительные напряжения действуют в момент пластической деформации: напряжения, оставшиеся в теле после прекращения пластической деформации, называют *остаточными*.

Отдельные элементы тела не могут изменить свои размеры, не оказывая влияния на соседние, т.е. вызывают в них дополнительные напряжения.

Дополнительные напряжения могут быть трех видов:

1 вид – уравнивающиеся между отдельными слоями тела;

2 вид – уравнивающиеся между отдельными кристаллитами;

3 вид – уравнивающиеся между отдельными элементами внутри кристаллитов.

Тема 8 Остаточные напряжения [18].

Дополнительные напряжения могут оставаться в деформируемом теле и после прекращения внешних нагрузок, переходя в остаточные напряжения. Остаточные напряжения снижают пластические свойства металла, химическую стойкость, искажая размеры тела, его конфигурацию, способны вызвать разрушение тела через какой-то интервал времени и др.

Остаточные напряжения, как и дополнительные напряжения, могут быть трех видов и определяться теми же признаками.

Свойства остаточных напряжений:

1. Они уравновешены в пределах данного объема тела;
2. Они имеют объемный характер, т.е. действуют по всем трем осям.

Возникновение остаточных напряжений в изделии связано главным образом с неравномерностью деформации всех видов, но также их возникновение возможно в связи с происходящими в металле структурными превращениями.

Остаточные напряжения не остаются постоянными во времени даже при комнатной температуре. Они могут вызвать разрушение тела после 1-2 суток, или их уровень значительно снижается, создавая благоприятные условия для службы изделия.

Тема 9 Механизм пластической деформации [18].

Пластическая деформация кристаллов анизотропная и может происходить в определенных кристаллических плоскостях и направлениях. При пластической деформации кристаллическое строение не нарушается.

Пластическая деформация в кристаллических телах может происходить:

- по границам зерен (межкристаллическая деформация);
- внутри кристалла (внутрикристаллическая деформация).

Внутрикристаллическую деформацию изучают на монокристаллах, т.е. телах, состоящих из одного крупного кристалла. Опытами установлено, что деформация идет в кристаллитах по определенным плоскостям, получившим название плоскостей скольжения. При этом деформация может идти двумя путями:

- *скольжением* одной части кристалла относительно другой по некоторым определенным для каждого кристалла плоскостям без нарушения взаимной ориентации слоев кристалла (это явление носит также название трансляции);

- *двойникование* – поворотом одних частей кристалла относительно других.

У металлических кристаллов чаще всего идет деформация скольжением (трансляцией) и редко двойникованием.

Тема 10 Виды дислокаций [18].

Дислокация – это несовершенство, местное искажение кристаллической решетки, при котором в смежных параллельных плоскостях имеется различное число атомов и часть атомов, расположенных по одну сторону от плоскости скольжения, имеет уменьшенное межатомное расстояние, а другая часть увеличенные межатомные расстояния.

Основные типы дислокаций:

- 1) краевая;
- 2) винтовая.

Тема 13 Холодная пластическая деформация поликристалла [18].

Под холодной пластической деформацией понимают такую деформацию, после которой деформированная структура полностью сохраняется. Часто холодной деформацией называют обработку без нагрева при комнатной (цеховой) температуре.

Характер ориентировки кристаллического конгломерата после холодной деформации называется текстурой.

Совокупность явлений, связанных с изменением механических и физико-химических свойств металлов в процессе пластической деформации, называется упрочнением или наклепом.

Рекристаллизация идет при температурах выше критических и может наблюдаться только при предварительно деформированных изделиях. Каждый металл и сплав имеет свою температуру рекристаллизации, например, алюминий 370 °С, медь 470 °С, никель 800 °С. Ориентировочно определить температуру рекристаллизации можно по формуле:
$$T_{\text{рекрист}} \geq 0,4 \times T_{\text{(пл.)}}$$

Тема 14 Основные виды деформаций при ОМД [18].

Горячая деформация. При горячей деформации рекристаллизация целиком осуществляется в процессе самой деформации. У металла получается полностью рекристаллизованная равновесная микроструктура. Внутренние напряжения исчезают почти мгновенно и решетка возвращается к начальному состоянию.

Тема 15 Влияние температуры и химического состава на сопротивление деформации и пластические свойства [18].

Большое влияние на механические и пластические свойства оказывает температура, при которой происходит пластическая обработка металлов и сплавов. С повышением температуры, как правило, пластические свойства повышаются, а сопротивление деформации и твердость падают. Это широко используют в процессах пластической обработки металлов, применяя предварительный нагрев заготовок перед обработкой.

С повышением температуры может измениться и характер деформации. Так, при низких температурах между кристаллами наблюдается повышенная прочность, а при высоких температурах – заметное снижение прочности (а, следовательно, и пластичности).

Тема 16 Влияние скорости деформации на сопротивление деформации и пластические свойства [18].

Скорость пластической деформации оказывает существенное влияние как на сопротивление деформации, так и на пластические свойства металлов. Характер этого влияния достаточно сложен, однако стоит отметить, что с повышением скорости деформации снижается пластичность и повышается сопротивление деформированию.

Причина повышения сопротивления деформации с ростом скорости при горячей обработке следующая. При деформации тела, имеющего высокую температуру нагрева, идут два противоположных процессы – упрочнение (наклеп) и отдых или рекристаллизация, тем выше сопротивление деформации.

Тема 17 Влияние внешнего трения при ОМД [18].

Все процессы обработки металлов давлением осуществляются так, что на поверхности контакта инструмента с металлом имеется трение, называемое внешним.

Внешнее трение оказывает большое влияние на процесс пластической деформации, и ни один технологический процесс обработки металлов давлением нельзя рассматривать без учета влияния внешнего трения.

На преодоление сил трения приходится затрачивать дополнительную работу. От характера и величины сил трения зависит износ и качество поверхности изделия. Вместе с тем большинство технологических процессов обработки металлов давлением невозможно, если силы трения отсутствуют.

Тема 18 Работа при пластической деформации [18].

Существует большое количество выведенных формул для определения работы пластической деформации в различных процессах обработки металлов давлением. Пользуясь определением работы как произведением силы на перемещение, можно, например, для осадки, написать выражение элементарной работы сжатия: $dA = -p \times F \times d \times h$

где: p – удельное усилие сжатия;

h – высота параллелепипеда;

F – площадь на которую распределено давление.

Знак «минус» взят потому, что приращение высоты в процессе осадки отрицательное.

Тема 19 Виды прокатки. Геометрия очага деформации при прокатке [18].

Из **Ошибка! Источник ссылки не найден.** видно, что при прокатке металл подвергается деформации не сразу по всей длине полосы, а на некотором участке, который перемещается по мере вращения валков. Этот участок называется поясом деформации и в продольном направлении определяется дугой AB .

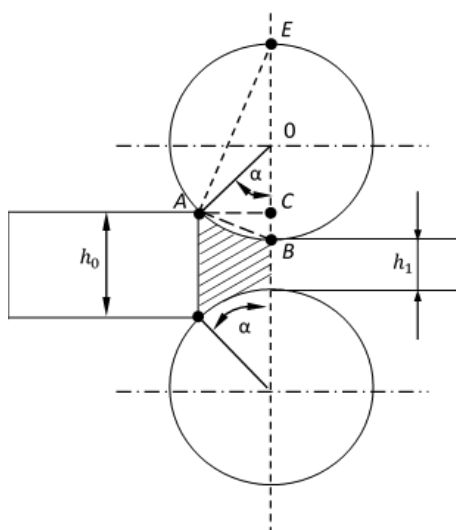


Рисунок 8 - Схема очага деформации при прокатке

Дуга AB , по которой валок соприкасается с прокатываемым металлом, называется дугой захвата, а угол α , образованный между радиусами, проведенными из центра вала в точки начала и конца дуги захвата (A и B), называется углом захвата.

Тема 22 Уширение при прокатке [18].

Изучение явления уширения при прокатке очень важно, т.к. ошибки в определении уширения приводят к снижению производительности прокатных станов и ухудшению качества прокатываемой продукции.

Уменьшение высоты полосы при прокатке приводит к увеличению длины и ширины полосы. Исходя из условия постоянства объема, высотная, продольная и поперечная деформации связаны уравнением: $\gamma \times \beta \times \lambda = 1$

При прокатке листов и лент уширение невелико, поэтому в расчетах им можно пренебречь. При прокатке сортового металла уширение составляет значительную величину от обжатия, и его необходимо определять достаточно точно, т.к. при меньшем уширении, чем получено в расчетах, произойдет не заполнение калибра, а при большем уширении – переполнение калибра, что в обоих случаях приводит к браку продукции.

Тема 24 Опережение и отставание при прокатке [18].

Скольжение металла относительно поверхности валков, при котором скорость металла больше окружной скорости валков называется *опережением*.

Однако опережение распространяется только на часть очага деформации вблизи выхода полосы из валков; в другой части очага деформации – у входа полосы в валки, называемой *зоной отставания* или попятного движения. Скорость полосы меньше окружной скорости валков.

Далее представлены работы по проектированию тестовых заданий.

Тема 26 Неравномерность деформации при прокатке [18].

При прокатке фасонного и сортового металла деформация неодинакова по высоте в различных частях заготовки. Например, при прокатке квадратной полосы в овальном калибре (рисунок 9) наиболее сильно обжимаются края полосы и менее сильно – середина: края стремятся двигаться с большей скоростью, чем середина, растягивают ее, создавая в ней дополнительные растягивающие напряжения. Это вызывает дополнительные сжимающие напряжения по краям и после прокатки – остаточные напряжения.

Дополнительные и остаточные напряжения могут быть настолько велики, особенно при прокатке малопластичных металлов, что на заготовке появляются надрывы и она идет в брак.

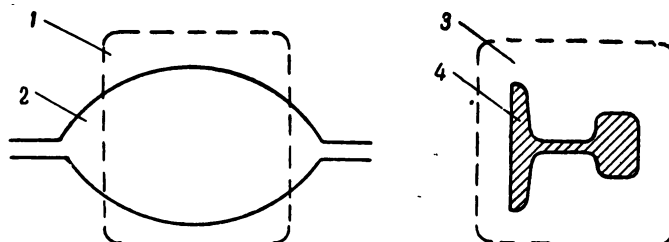


Рисунок 9 - Неравномерность деформации при прокатке:

1 – задаваемая полоса; 2 – калибр; 3 – задаваемая полоса; 4 - прокатываемый рельс

Опыты показали, что слои, расположенные на разной высоте данного вертикального сечения очага деформации, движутся в горизонтальном направлении с различными скоростями. Соотношения скоростей наружных и внутренних слоев изменяются в зависимости от величины обжатия:

- при прокатке с обжатием 10% и больше верхние и нижние слои имеют большую скорость, чем средние;
- при обжатии менее 10% наоборот, средние слои имеют большую скорость, чем верхние и нижние.

Это можно объяснить тем, что при малых обжатиях пластическая деформация распространяется только на поверхности, вследствие чего поверхностные слои двигаются назад относительно средних; при больших обжатиях деформация проникает на всю глубину и, распространяясь за пределы дуги захвата, отодвигает средние слои на некоторое расстояние от линии, соединяющей центры валков. Выравнивание горизонтальных скоростей происходит уже за очагом деформации.

Тема 29 Принципы наименьшего сопротивления. Закон подобия [18].

При обработке металлов давлением нужно заранее определить характер и направление течения металла или создать условия для направленного течения. Ученый С.И. Губкин сформулировал этот закон следующим образом:

«Если возможна деформация в нескольких направлениях, то большая деформация произойдет в том направлении, в котором большинство точек (атомов) встречает меньшее сопротивление своему перемещению».

Закон подобия (закон пропорциональности сопротивления) – «Работы, затрачиваемые на геометрически подобные формоизменения геометрически подобных тел из одного и того же материала, прямо пропорциональны объемам или их весам».

2.3 Разработка итогового теста по междисциплинарному курсу «Теория обработки металлов давлением»

АНОТАЦИЯ

Дифференцированный зачет по МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением

ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением

Назначение дифференцированного зачета – оценить уровень подготовки студентов по МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением ПМ 03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением с целью установления их готовности к дальнейшему усвоению ПМ 03 и ОПОП специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением по программе базовой подготовки.

1 Содержание дифференцированного зачета определяется в соответствии с ФГОС СПО специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением, рабочей программой ПМ 03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением.

2 Принципы отбора содержания дифференцированного зачета:

Ориентация на требования к результатам освоения МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением ПМ 03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением, представленным в соответствии с ФГОС СПО специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением и рабочей программой ПМ 03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением:

Профессиональные компетенции:

ПК 3.1. Проверять правильность назначения технологического режима обработки металлов давлением.

ПК 3.4. Рассчитывать показатели и коэффициенты деформации обработки металлов давлением.

иметь практический опыт:

- выполнения необходимых расчетов технологических процессов обработки металлов давлением;

- пользования нормативно-справочной литературой;

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

знать:

- виды выпускаемой продукции и классификацию способов обработки металлов давлением;

- изменение структуры и свойств при деформации и нагреве металла;

- влияние различных факторов на параметры обработки металлов давлением.

3 Структура дифференцированного зачета

3.1 Тест содержит 25 тестовых заданий.

3.2 Тест состоит из трех частей: первая часть содержит 18 вопросов, вторая часть – 2 вопроса и третья часть 5 – вопросов.

3.3 Вопросы зачета дифференцируются по уровню сложности:

- первое задание с одним (отрицательным или положительным) правильным ответом содержит вопрос и несколько правдоподобных ответов;

- второе задание открытого типа (или задания со свободно конструируемым ответом) требуется вписать пропущенное слово, символ, знак и т.д.

– третье задание на соответствие, даётся две колонки слов, фраз, рисунков, формул и требуется определить соответствие.

Дополнительная часть включает задания более высокого уровня сложности.

4 Система оценивания дифференцированного зачета в целом

Проверка тестового задания осуществляется с помощью утвержденного ключа.

Оценка заданий будет произведена в соответствии с критериями, отраженными в таблице 5.

Таблица 5 – Критерии оценивания

№ п/п	Процент правильных ответов	Оценка по общепринятой шкале
1	90 – 100 %	Отлично
2	60 – 89 %	Хорошо
3	30 – 59 %	Удовлетворительно
4	0 – 29 %	Неудовлетворительно

5 Время проведения экзамена

Время, отводимое для выполнения дифференцированного зачета - 60 минут.

Инструкция для студентов

1 Форма проведения промежуточной аттестации по МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением – дифференцированный зачет.

2 Принципы отбора содержания дифференцированного зачета
Ориентация на требования к результатам освоения МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением ПМ 03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением:

Профессиональные компетенции:

ПК 3.1. Проверять правильность назначения технологического режима обработки металлов давлением.

ПК 3.4. Рассчитывать показатели и коэффициенты деформации обработки металлов давлением.

иметь практический опыт:

– выполнения необходимых расчетов технологических процессов обработки металлов давлением;

– пользования нормативно-справочной литературой;

уметь:

– применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

– выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

– рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

знать:

- виды выпускаемой продукции и классификацию способов обработки металлов давлением;

- изменение структуры и свойств при деформации и нагреве металла;

- влияние различных факторов на параметры обработки металлов давлением.

3 Структура дифференцированного зачета

3.1 Тест содержит 25 тестовых заданий.

3.2 Тест состоит из трех частей: первая часть содержит 18 вопросов, вторая часть – 2 вопроса и третья часть 5 – вопросов.

3.3 Вопросы зачета дифференцируются по уровню сложности:

- первое задание с одним (отрицательным или положительным) правильным ответом содержит вопрос и несколько правдоподобных ответов;

- второе задание открытого типа (или задания со свободно конструируемым ответом) требуется вписать пропущенное слово, символ, знак и т.д.

- третье задание на соответствие, даётся две колонки слов, фраз, рисунков, формул и требуется определить соответствие.

При внесении в бланк ответов на тестовые задания Вы должны соблюдать правила заполнения бланка ответов в зависимости от вида тестового задания:

- при выполнении заданий с формулировкой «Выберите правильный ответ» Вы должны выбрать ОДИН правильный ответ из предложенных и проставить его номер в соответствующую позицию в бланке ответа;

- при выполнении заданий с формулировкой «Дополните» Вы должны определить пропущенную информацию и внести ее в соответствующую позицию бланка;

- при выполнении заданий с формулировкой «Соотнесите вид обработки металлов давлением со схемой» или «Заполните таблицу» Вам

необходимо расставить предложенные позиции в нужной последовательности и отразить ее в бланке ответа.

Практический вопрос, направленный на применение известных методик расчета для определения показателей и параметров обработки металлов давлением.

4 Перечень разделов, тем МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением, включенных в дифференцированный зачет:

- Виды обработки металлов давлением;
- Основы теории обработки металлов давлением;
- Строение и свойство металлов подвергаемых пластической деформация;
- Упругая и пластическая деформация. Условия постоянства объема;
- Величины, характеризующие напряженное состояние тела. Нормальные и касательные напряжения;
- Главные напряжения. Схемы главных напряжений;
- Главные деформации. Схемы главных деформаций. Механическая схема деформации;
- Неравномерность распределения деформации и напряжений;
- Дополнительные напряжения. Остаточные напряжения;
- Механизм пластической деформации;
- Основные виды деформаций при обработке металлов давлением;
- Холодная пластическая деформация. Горячая деформация;
- Влияние температуры и химического состава на сопротивление деформации и пластические свойства;
- Влияние внешнего трения при обработке металлов давлением;
- Принципы наименьшего сопротивления. Закон подобия;
- опережение и отставание;
- Уширение при обработке металла давлением;

5 Система оценивания дифференцированного зачета в целом;

Проверка тестового задания осуществляется с помощью утвержденного ключа.

Оценка заданий будет произведена в соответствии с критериями, отраженными в таблице 6.

Таблица 6 – Критерии оценивания

№ п/п	Процент правильных ответов	Оценка по общепринятой шкале
1	90 – 100 %	Отлично
2	60 – 89 %	Хорошо
3	30 – 59 %	Удовлетворительно
4	0 – 29 %	Неудовлетворительно

6 Время проведения экзамена

Время, отводимое для выполнения дифференцированного зачета - 60 минут.

7 Рекомендации по подготовке к дифференцированному зачету

При подготовке к дифференцированному зачету рекомендуется использовать:

- учебники, имеющие гриф Министерства образования РФ:

1. Богоявленский К.И., Желобов В.В., Ландихов А.Д. /Обработка цветных металлов и сплавов давлением. Издание третье, переработанное и дополненное. Металлургия: 1974. – 466 с.

Чтобы успешно сдать дифференцированный зачет, необходимо внимательно прочитать условие задания (вопросы). Именно внимательное, вдумчивое чтение – половина успеха.

Будьте внимательны! Обдумывайте тщательно свой ответ!

Будьте уверены в своих силах! Желаем успеха!

Итоговый тест
для проведения дифференцированного зачета студентов
по междисциплинарному курсу «Теория обработки металлов давлением

Вариант 1

Задание 1 (18 баллов) Выбрать один правильный ответ

1. Параллельное смещение тонких слоев монокристалла относительно смежных под действием касательных напряжений
 - а) двойникование
 - б) скольжение
 - в) пластичность
2. Термин «напряжение» относится только
 - а) к внешним силам
 - б) внутренним силам
 - в) к силам трения
3. Определенная ориентация вытянутых зерен в результате пластической деформации
 - а) упрочнением
 - б) полосчатостью микроструктуры
 - в) текстурой деформации
4. Температура рекристаллизации для чистых металлов равна
 - а) $0,4 T_{пл}$
 - б) $0,3 T_{пл}$
 - в) $0,25 T_{пл}$
5. Главное нормальное напряжение может быть обозначено...
 - а) τ_{12}
 - б) τ_{xy}
 - в) σ_1
 - г) σ_{xy}
6. Совокупность схем главных напряжений и схем главных деформаций называют
 - а) схема главных деформаций
 - б) схема главных напряжений
 - в) механическая схема
7. $T_{деф} < T_p < T_v$ - это
 - а) холодная деформация
 - б) неполная холодная деформация
 - в) неполная горячая деформация
8. Нормальное напряжение, при котором начинается пластическая деформация большинства зерен поликристалла, называют
 - а) условное напряжение
 - б) пределом прочности
 - в) пределом текучести

9. Нормальные напряжения σ_{12} , в площадках по которым действуют главные касательные напряжения, вычисляются по формуле

а) $\sigma_{12} = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2)$

б) $\sigma_{12} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2)$

10. При горячей пластической деформации рекристаллизация

- а) протекает частично
- б) протекает полностью
- в) не протекает

11. Процесс обжатия металла между вращающимися валками ...

- а) волочение,
- б) прокатка
- в) прессование

12. Величину усилия необходимо рассчитывать, для того чтобы...

- а) деформировать заготовку
- б) правильно выбрать оборудование
- в) правильно выбрать операцию для обработки детали

13. Основными причинами неравномерности деформации являются

- а) внешнее трение
- б) несоответствие формы инструмента форме деформируемого тела
- в) концентрация напряжений

14. Чем большую роль в схеме главных напряжений играют сжимающие напряжения, тем пластичность

- а) меньше
- б) больше
- в) не меняется

15. Нормальное напряжение, при котором начинается пластическая деформация большинства зерен поликристалла, называют

- а) пределом текучести
- б) пределом прочности
- в) условное напряжение

16. Сколько существует схем главных напряжений

- а) 3
- б) 7
- в) 9
- г) 12

17. Закон, основанный на принципе моделирования, используют для приближенного определения усилий деформирования и затрачиваемой работы.

- а) закон постоянства объемов
- б) закон подобия
- в) закон наименьшего сопротивления

18. Пластичность стали с увеличением скорости деформации

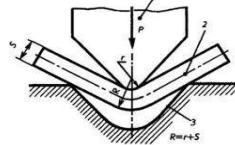
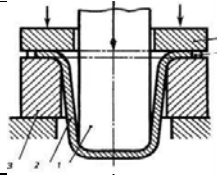
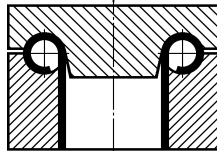
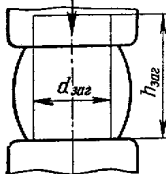

- а) уменьшается
- б) повышается
- в) не изменяется

Задание 2 (2 балла) Дополните

19. Особая конфигурация расположения атомов в кристаллической решетке, называются _____

20. Упрочнение металла в процессе холодной пластической деформации, называется _____

Задание 3 (5 баллов) Соотнесите вид обработки металлов давлением со схемой

21. Образование закругленных бортов на краях полой заготовки.	а)	
22. Процесс, при котором увеличивается поперечное сечение заготовки за счет уменьшения ее высоты	б)	
23. Образование полой заготовки или изделия из плоской (или полой) заготовки	в)	
24. Образование борта по внутреннему или наружному краю заготовки (детали)	г)	
25. Образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы	д)	

Итоговый тест
для проведения дифференцированного зачета студентов
по междисциплинарному курсу «Теория обработки металлов давлением»
Вариант 2

Задание 1 (18 баллов) Выбрать один правильный ответ

1. Зеркальное отражение деформированной части кристаллической решетки, относительно не деформированной
 - а) двойникование
 - б) скольжение
 - в) пластичность
2. Процесс деформации, при котором изменение формы происходит в следствии протягивания заготовки через отверстие деформирующего инструмента - это..
 - а) прессование
 - б) волочение
 - в) штамповка
3. Определенная ориентация кристаллографических осей зерен поликристалла – это...
 - а) упрочнение
 - б) полосчатость микроструктуры
 - в) текстура деформации
4. Образование новых зерен взамен деформированных – это...
 - а) рекристаллизация
 - б) наклеп
 - в) возврат
5. Чем большую роль в схеме главных напряжений играют сжимающие напряжения, тем пластичность металла
 - а) меньше
 - б) больше
 - в) не меняется
6. Нормальное напряжение, при котором начинается пластическая деформация большинства зерен поликристалла, называют ...
 - а) пределом текучести
 - б) пределом прочности
 - в) условное напряжение
7. Относительное удлинение определяется по формуле:
 - а) $\frac{\Delta L}{L_0}$
 - б) $\frac{\Delta F}{F_0}$

8. Наименее благоприятная схема главных напряжений с точки зрения пластичности...
- а) всестороннего сжатия
 - б) всестороннего растяжения
9. Способность металла под действием внешних сил изменять форму и размеры, а после снятия нагрузки возвращаться в исходное состояние называется ...
- а) упругостью
 - б) пластичностью
 - в) деформируемостью
10. Касательное напряжение может быть обозначено...
- а) τ_{xy}
 - б) τ_{12}
 - в) σ_{12}
 - г) σ_1
11. $T_v < T_{\text{деф}} < T_p$ – это
- а) холодная деформация
 - б) неполная холодная деформация
 - в) горячая деформация
12. Температура возврата для чистых металлов определяется по формуле:
- а) $0,4 T_{\text{пл}}$
 - б) $0,25 T_{\text{пл}}$
 - в) $0,3 T_{\text{пл}}$
13. Графическое представление трех главных напряжений и их знаков в рассматриваемой точке деформируемого тела -это.
- а) механическая схема
 - б) схема главных напряжений
 - в) схема главных деформаций
14. Главное касательное напряжение τ_{12} рассчитываются по формуле:
- а) $\tau_{12} = \pm \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2)$
 - б) $\tau_{12} = \pm \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2)$
 - в) $\tau_{12} = \frac{1}{2}(\sigma_2 - \sigma_1)$
15. Методами снижения неравномерности являются...
- а) уменьшение внешнего трения
 - б) создание равномерной температуры
 - в) правильное проектирование рабочего инструмента
16. Сколько существует схем главных деформаций
- а) 3
 - б) 7
 - в) 9
 - г) 12
17. Пластичность стали с увеличением температуры обработки
- а) уменьшается
 - б) повышается
 - в) не изменяется

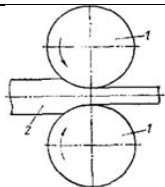
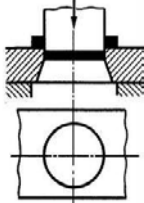
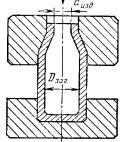
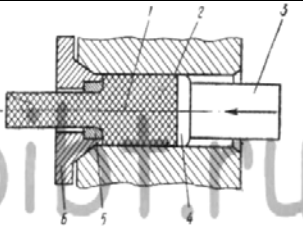
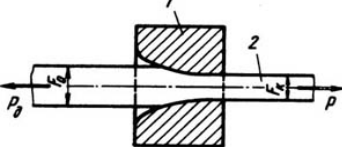
18. Закон, используемый для определения размера исходной заготовки
- а) наименьшего сопротивления
 - б) наименьшего периметра
 - в) постоянства объема

Задание 2 (2 балла) Дополните

17. Плоскости, по которым проходит деформация, называются _____

18. Скорость металла относительно поверхности валков, при которой скорость металла больше окружной скорости валков, называется _____ при прокатке.

Задание 3 (10 баллов) Заполните таблицу

№	Схема	Название операции. Определение.
1		
2		
3		
4		
5		

Ключ (эталон) к тесту дифференцированного зачета для проведения опроса
студентов по междисциплинарному курсу
«Теория обработки металлов давлением»

Вариант 1

Таблица 7 – Варианты ответа теста первого варианта

№ Вопросы	Ответ
1	Б
2	Б
3	А
4	А
5	Г
6	В
7	Б
8	В
9	Б
10	Б
11	Б
12	А
13	Б
14	Б
15	А
16	В
17	Б
18	А
19	ДИСЛОКАЦИЯ
20	НАКЛЕП
21	В
22	Г
23	Д
24	Б
25	А

Ключ (эталон) к тесту дифференцированного зачета для проведения опроса
студентов по междисциплинарному курсу
«Теория обработки металлов давлением»

Вариант 2

Таблица 8 – Варианты ответа теста второго варианта

№ Вопросы	Ответ
1	А
2	Б
3	В
4	А
5	Б
6	А
7	А
8	А
9	А
10	А
11	В
12	А
13	В
14	А
15	Б
16	А
17	Б
18	В
19	ПЛОСКОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ
20	ОПЕРЕЖЕНИЕМ
21	ПЛОСКАЯ ПРОКАТКА
22	ВЫРУБКА
23	ОБЖАТИЕ
24	ПРЕССОВАНИЕ
25	ВОЛОЧЕНИЕ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью дипломной работы является – разработка учебно-методического обеспечения в рамках междисциплинарного курса 03.01 «Теория обработки металлов давлением» для лабораторного практикума по проведению испытаний металлов и средства для проведения контроля освоения компетенций студентами по ПМ 03 «Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением».

В дипломной работе, с учетом поставленной цели были разработаны задания, инструкции по выполнению испытаний металлических образцов и составлены методические указания для студентов, для 9-ти лабораторных и практических работ по междисциплинарному курсу 03.01 «Теория обработки металлов давлением, разработаны контрольно-оценочные средства (тесты) для проведения текущей и промежуточной проверки освоения студентами знаний, умений, компетенций в рамках МДК 03.01 «Теория обработки металлов давлением» и разработаны учебно-методические материалы и средства для обеспечения выполнения требований ФГОС СПО для обучения техников по специальности 22.02.05 «Обработка металлов давлением».

Для достижения поставленной цели был проведен анализ ФГОС по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением;

- определены компетенции техника по специальности «Обработка металлов давлением», формируемые в рамках МДК 03.01 «Теория обработки металлов давлением», в частности в лабораторных и практических работах;
- разработаны задания, инструкции и наглядные средства по выполнению испытаний металлических образцов и составлены методические указания для студентов по выполнению лабораторных и практических работ;
- разработаны контрольно-оценочные средства для проведения текущей и заключительной проверки освоения студентами знаний, умений и компетенций в рамках МДК «Теория обработки металлов давлением».

Разработанные учебно-методические материалы и средства для лабораторных и практических работ, а также тесты по МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением обеспечат выполнение требований ФГОС СПО для обучения техников по специальности 22.02.05 «Обработка металлов давлением».

В процессе выполнения дипломной работы поставленные задачи были выполнены, цели реализованы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аванесов А.В. Методические и теоретические основы тестового и педагогического контроля / – СПб, 1994. – 339 с.
2. Антонова, С.Г., Тюрина, Л.Г. Современная учебная книга / Создание учебной литературы нового поколения. М., 2001 с. 21.
3. Белкин, А.С. Теория педагогической диагностики и предупреждение отклонений в поведении / М., 1980. – 40 с.
4. Беспалько, В.П. Теория учебника: Дидактический аспект / – М.: Педагогика, 1988. – 160 с.
5. Блинов, В.М. Эффективность обучения / М.: Педагогика, 1976. 191 с.
6. Голубев, Н.К., Битинас Б.П. Введение в диагностику воспитания [Текст] / М., 1989. – 137 с.
7. Давыдова, Л.Н. Педагогическое диагностирование как компонент управления качеством образования [Текст] / моногр. – Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2005. — 211с.
8. Ингекамп, К. Педагогическая диагностика / М.: Педагогика, 1999. 240 с.
9. Колясникова Л.В. Диагностическое обеспечение образовательного процесса / Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.–пед. ун-та, 2003. – 152 с.
10. Куприянчик, Т.В. Аналитико-диагностическая деятельность учителя и учащихся как фактор обновления воспитательной работы в школе [Текст] / – Красноярск, 1991. 59 с.
11. Мамай С.П. Методика составления тестовых заданий / – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф. пед. ун-та, 2001. – 58 с.
12. Назарова, Т.С., Полат, Е.С. Средства обучения (Технология создания и использования). М.: УРАО, 1998. – 203 с.

13. Семушина Л.Г., Ярошенко Н.Г. Содержание и технологии обучения в средних специальных учебных заведениях: учеб. пособие для преп. учреждений сред. проф. образования. — М.: Мастерство, 2001. — 272 с.

14. Чекалева, Н.В. Теоретические основы учебно-методического обеспечения процесса изучения педагогических дисциплин в педагогическом вузе: Дис. СПб., 1998 426 с.

15. Челышкова М.Б., Ковалева Н.С. Теория и практика конструирования педагогических тестов / — М.: ИЦ «Педагогика», 1999. — 120 с.

16. Чудновский, Н.С. Проблема показателей качества учебного процесса: М., 1973. — 23 с.

17. Эрганова, Н. Е. Методика профессионального обучения / Н. Е. Эрганова. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 162 с.

18. Богоявленский К.И., Желобов В.В., Ландихов А.Д. /Обработка цветных металлов и сплавов давлением. Издание третье, переработанное и дополненное. Металлургия: 1974. — 466 с.

19. Смирягин А.П., Смирягина Н.А., Белова А.В. Промышленные цветные металлы и сплавы Справочник. — 3-е изд., доп. и перераб. — М.: Металлургия, 1974. — 488 с.: ил.

20. Ерманок М.З. Прессование профилей из алюминиевых сплавов [Текст] / М.З. Ерманок, В.И. Фейгин, Н.А. Сухоруков; Под ред. М.З. Ерманка. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Металлургия, 1977. - 264 с. : ил.; 22 см.

21. Жолобов В.В., Зверев Г.И. Прессование металлов. Под ред. И.Л. Перлина. М., Металлургиздат, 1959.

22. Федеральный Закон «Об образовании в Российской Федерации №273 ФЗ от 21.12.2012.

23. Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением. Утвержден

приказом Минобрнауки России от 21.04.2014 года № 359. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 26.07.2014 года № 3258.

24. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 14.06.2013 № 464 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам среднего профессионального образования», федеральных государственных образовательных стандартов среднего профессионального образования по реализуемым в техникуме специальностям (профессиям).

25. Рекомендации по планированию, организации и проведению лабораторных работ и практических занятий в образовательных учреждениях среднего профессионального образования. Приложение к письму Минобрнауки России от 05.04.99 № 16-52-58ин/16-13.

26. Методические материалы по организации и проведению лабораторных и практических занятий / Г. М. Остапенко, Т. А. Палагута. – 2-е изд., доп. и испр. – 2011. – 19 с.

27. Лабораторные и практические занятия в колледже <http://pandia.ru/text/77/203/78206.php>.

28. Учебно-технологический практикум по дисциплине "Обработка металлов давлением", интернет <http://vunivere.ru>.

29. Рабочая программа профессионального модуля ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки, МДК. 03.01. Теория обработки металлов давлением. Разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 22.02.05 Обработка металлов давлением (базовой подготовки).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

**Министерство общего и профессионального образования
Свердловской области
Государственное автономное профессиональное образовательное
учреждение
Свердловской области
«Каменск-Уральский техникум металлургии и машиностроения»**

Согласовано методическим советом

«_____» _____ 2015г.

Утверждено
Директор КУТММ

_____ Е.Э. Спицина
«_____» _____ 2015г.

**Рабочая программа междисциплинарного курса
МДК. 03.01. Теория обработки металлов давлением**

(базовый уровень подготовки)

**Каменск –Уральский
2015**

1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА

МДК. 03.01. Теория обработки металлов давлением

1.1. Тематический план междисциплинарного курса

Код профессиональных компетенций	Наименования разделов профессионального модуля *	Всего часов в	Объем времени, отведенный на освоение междисциплинарного курса (курсов)					Практика	
			Обязательная аудиторная учебная нагрузка обучающегося			Самостоятельная работа обучающегося		Учебная, часов	Производственная (по профилю специальности),* часов
			Всего, часов	в т.ч. лабораторные работы и практические занятия, часов	в т.ч., курсовая работа (проект), часов	Всего, часов	в т.ч., курсовая работа (проект), часов		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПК 1. ПК 4.	Раздел ПМ 1. Подготовка к ведению технологического процесса обработки металлов давлением	172	85	30		57		-	
Всего:		172	85	30		57			

* Раздел профессионального модуля – часть примерной программы профессионального модуля, которая характеризуется логической завершенностью и направлена на освоение одной или нескольких профессиональных компетенций. Раздел профессионального модуля может состоять из междисциплинарного курса или его части и соответствующих частей учебной и производственной практик. Наименование раздела профессионального модуля должно начинаться с отглагольного существительного и отражать совокупность осваиваемых компетенций, умений и знаний.

** Производственная практика (по профилю специальности) может проводиться параллельно с теоретическими занятиями междисциплинарного курса (рассредоточено) или в специально выделенный период (концентрированно).

3.2. Содержание обучения по междисциплинарному курсу

МДК. 03.01. Теория обработки металлов давлением

Наименование разделов профессионального модуля (ПМ), междисциплинарных курсов (МДК) и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работа (проект)	Объем часов	Уровень освоения
1	2	3	4
Раздел ПМ 1. Подготовка к ведению технологического процесса обработки металлов давлением			
МДК. 03.01. Теория обработки металлов давлением		145	
Введение	Задачи и содержание МДК Теория обработки металлов давлением, его значение для подготовки квалифицированных специалистов. История развития технологии ОМД в России и за рубежом. Основные направления в области совершенствования теории пластической обработки металлов. Роль отечественных ученых во внедрении в производство прогрессивных методов ОМД.	2	1
Раздел 1 Основы теории пластической деформации		59	
Тема 1.1 Виды ОМД	Основные виды обработки металлов давлением. Их применение в промышленности.	2	1
Тема 1.2 Понятие о пластической деформации.	Понятие о пластической деформации. Причины ее возникновения. Параметры, влияющие на образование пластической деформации	2	1
Тема 1. 3 Величины характеризующие напряженное состояние	Понятие о напряженно-деформированном состоянии металлов при их обработке давлением. Внешние и внутренние силы. Понятие о напряжении. Нормальные и касательные напряжения. Главные напряжения и их схемы. Максимальные касательные напряжения. Факторы, влияющие на схему напряженного состояния. Влияние схемы напряженного состояния на пластичность металлов и сплавов.	2	2
Тема 1.4 Главные напряжения. Схемы главных напряжений.		2	2
Тема 1.5 Главные деформации. Схемы главных деформаций.		2	2
Тема 1.6 Неравномерность		2	1

распределения деформаций			
Тема 1.7 Дополнительные напряжения.		2	1
Тема 1.8 Остаточные напряжения.		2	1
Тема 1.9 Механизм пластической деформации.	Физические основы пластической деформации Способы получения форм изделий. Сущность и сравнительная характеристика способов ОМД. Кристаллическое строение металла. Плоскости скольжения, их назначение при пластической деформации. Скольжение и двойникование. Дислокации.	2	2
Тема 1.10 Виды дислокаций		2	2
Тема 1.11 Движение дислокаций.		2	2
Тема 1.12 Скорость движения дислокаций. Взаимодействие дислокаций		2	2
Тема 1.13 Холодная пластическая деформация поликристалла.	Виды деформации металлов и сплавов Механизм деформации поликристалла. Образование строчной структуры и текстуры. Влияние холодной обработки металлов давлением на их структуру, механические, физические, технологические свойства. Наклеп, его значение. Теплая и горячая обработка металлов давлением. Преимущества горячей обработки перед холодной. Влияние горячей обработки металлов на их свойства. Зависимость свойств изделий от режимов обработки давлением.	2	1
Тема 1.14 Основные виды деформаций при ОМД.	Сопротивление деформации и пластичность металлов и сплавов. Упругая и пластическая деформация. Закон Гука, взаимосвязь между напряжениями и деформацией. Главные деформации, их схемы и связь со схемами напряженного состояния. Закон постоянства объема. Величины, характеризующие деформацию; их связь между собой. Закон наименьшего сопротивления. Схема течения металла при разных способах обработки его давлением. Неравномерность деформации при обработке металлов давлением, причины ее возникновения и методы устранения.	2	1
Тема 1.15 Влияние температуры и химического состава на сопротивление деформации		2	1
Тема 1.16 Влияние скорости деформации на сопротивление деформации и пластические свойства.		2	1
Тема 1.17 Влияние трещин и надрезов на пластические свойства.		2	1
Тема 1.18 Влияние внешнего трения при ОМД.		2	1
Тема 1.19 Работа при		2	2

пластической деформации			
Самостоятельная работа	Проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем).	10	
Самостоятельная работа	Зарисовать схемы главных напряжений. Описать принцип действия главных напряжений.	2	
Самостоятельная работа	Зарисовать схемы главных деформаций. Описать направление действия главных деформаций.	2	
Самостоятельная работа	Составить презентацию на тему: «Виды ОМД»	5	
Раздел 2 Прокатка. Теоретические основы прокатки.		78	
Тема 2.1 Виды прокатки. Геометрия очага деформации при прокатке.	Методы расчета формоизменения очага деформации. Определение очага деформации при обработке металлов давлением. Параметры, характеризующие очаг деформации. Геометрический и физический очаги деформации. Вывод уравнения, связывающего основные параметры очага деформации. Скорость деформации. Правила ее определения.	2	2
Тема 2.2 Условия захвата металла валками.		2	2
Тема 2.3 Величины, характеризующие деформацию тела (коэффициенты деформации).	Опережение и отставание. Сущность явлений опережения и отставания при обработке металлов давлением. Количественное определение опережения и отставания. Деление очага деформации на зоны опережения и отставания. Факторы, влияющие на опережение и отставание при обработке металлов давлением. Уширение при обработке металлов давлением. Сущность явления уширения. Роль уширения при разных способах обработки металлов давлением. Виды уширения. Факторы, влияющие на уширение. Методы его расчета. Выбор метода расчета и условия его применения при обработке металлов давлением.	2	2
Тема 2.4 Уширение при ОМД.		2	2
Тема 2.5 Виды уширения. Факторы, влияющие на уширение.		2	2
Тема 2.6 Методы расчета уширения.		2	2
Тема 2.7 опережение и отставание при прокатке		2	2
Тема 2.8 Сопротивление металла деформации при прокатке. Распределение удельных усилий по дуге захвата.	Энергосиловые параметры при обработке металлов давлением. Схема действия сил со стороны металла на инструмент. Удельное и полное усилие, их взаимосвязь. Значение точности расчета усилия для рационального выбора режима деформации. Влияние полного усилия на расход энергии и ход технологического процесса при обработке металлов давлением. Факторы, влияющие на величину удельного давления. Методы определения усилия деформации. Месдозы, их конструкция.	2	2
Тема 2.9 Влияние различных факторов на распределение		2	2

удельных усилий по дуге захвата.	Методы определения работы деформации, используемые формулы. Составляющие полного давления на валу двигателя технологического оборудования. Статический момент. Коэффициент полезного действия привода оборудования. Построение диаграмм механической нагрузки на валу двигателя. Особые методы прокатки.		
Тема 2.10 Определение полного усилия металла на валок.		2	2
Тема 2.11 Допустимые усилия металла на валки.		2	2
Тема 2.12 Работа прокатки.		2	2
Тема 2.13 Неравномерность деформации при прокатке.		2	2
Тема 2.14 Геометрические явления при прокатке.		2	2
Тема 2.15 Прокатка многослойных металлов. Прокатка в вакууме и нейтральных средах.		2	2
Тема 2.16 Прокатка металлических порошков. Бесслитковая прокатка.		2	2
Практическая работа			
<i>Практическая работа №1</i>	Определение механических свойств сплава.	2	3
<i>Практическая работа №2</i>	Определение полного давления металла на валки при горячей прокатке	2	3
<i>Практическая работа №3</i>	Определение полного давления металла на валки при холодной прокатке	2	3
<i>Самостоятельная работа</i>	Проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем).	8	
<i>Самостоятельная работа</i>	Начертить очаг деформации. Рассчитать параметры очага деформации	4	
<i>Самостоятельная работа</i>	Начертить таблицу схем проката. Рассчитать схему прокатки изделий.	4	
<i>Самостоятельная работа</i>	Начертить схемы ОМД	4	
Тема 2.17 Особенности трения при ОМД.	Трение в процессах обработки металлов давлением. Понятие о внешнем и контактном трении. Виды трения. Роль трения при обработке металлов давлением. Влияние различных факторов на величину трения. Способы снижения и повышения коэффициентов трения при горячей и холодной обработке металлов давлением. Экспериментальные методы определения коэффициентов трения при обработке металлов давлением.	2	2
Тема 2.18 Смазка при ОМД.		2	2
Тема 2.19 Факторы, влияющие на сухое и граничное трение.		2	2

Тема 2.20 Факторы, влияющие на жидкостное трение		2	2
Самостоятельная работа	Проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем).	2	
Самостоятельная работа	Составить презентацию на тему: «Виды терния при ОМД»	2	
Самостоятельная работа	Проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем).	4	
Тема 2.21 Энергосиловые параметры при обработке металлов давлением.	Энергосиловые параметры при обработке металлов давлением. Схема действия сил со стороны металла на инструмент. Удельное и полное усилие, их взаимосвязь. Значение точности расчета усилия для рационального выбора режима деформации. Влияние полного усилия на расход энергии и ход технологического процесса при обработке металлов давлением. Факторы, влияющие на величину удельного давления. Методы определения усилия деформации. Месдозы, их конструкция.	2	1
Тема 2.22 Влияние полного усилия на расход энергии и ход технологического процесса при обработке металлов давлением.	Методы определения работы деформации, используемые формулы. Составляющие полного давления на валу двигателя технологического оборудования. Статический момент. Коэффициент полезного действия привода оборудования. Построение диаграмм механической нагрузки на валу двигателя	2	2
Тема 2.23 Методы определения усилия деформации.		2	2
		2	2
Практическая работа			
Практическая работа №4	Расчет усилия волочения	2	3
Практическая работа №5	Прессование прутков и профилей		
Практическая работа №6,7	Прессование меди.		
Практическая работа №8	Прессование алюминиевых сплавов.		
Самостоятельная работа	Проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий, составленным преподавателем).	4	
Лабораторные работы		45	
Лабораторная работа №1	Паспортизация основного технологического оборудования.	2	
Лабораторная работа №2	Технологическая операция вытяжка.	2	
Лабораторная работа №3	Технологическая операция вырубка.	2	
Лабораторная работа №4	Технологическая операция гибка	2	
Лабораторная работа №5	Технологическая операция отбортовка	2	
Лабораторная работа №6	Технологическая операция обжим.	2	
Лабораторная работа №7	Технологическая операция раздача.	2	

<i>Лабораторная работа №8</i>	Технологическая операция осадка.	2	
<i>Лабораторная работа №9</i>	Технологическая операция штамповка.	2	
<i>Лабораторная работа №10</i>	Технологическая операция прессование.	2	
<i>Самостоятельная работа</i>	Оформление отчетов по лабораторным работам.	15	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Министерство общего и профессионального образования
Свердловской области
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
Свердловской области
«КАМЕНСК-УРАЛЬСКИЙ ТЕХНИКУМ МЕТАЛЛУРГИИ И
МАШИНОСТРОЕНИЯ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ по ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

ПОМДК 03.01. «ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ»
для СПЕЦИАЛЬНОСТИ 22.02.05
«ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ»

Методические указания по проведению лабораторных работ по ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением МДК.03.01 Теория обработки металлов давлением

Составитель: Л.В.Петрова, преподаватель ГАПОУ СО «Каменск-Уральский техникум металлургии и машиностроения»

Методические указания по проведению лабораторных работ предназначены для студентов ГАПОУ СО «Каменск-Уральский техникум металлургии и машиностроения» специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением для подготовки к лабораторным работам с целью освоения практических умений и навыков и профессиональных компетенций.

Методические указания по проведению лабораторных работ составлены в соответствии с рабочей программой ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением ППССЗ специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением.

Введение

Методические указания по выполнению лабораторных работ разработаны согласно рабочей программе ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением и требованиям к результатам обучения Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (далее – ФГОС СПО) по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением.

Лабораторные работы направлены на овладение обучающимися видом профессиональной деятельности - Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением, в том числе на формирование всех общих и следующих профессиональных компетенций согласно ФГОС СПО:

ПК 1. Проверять правильность назначения технологического режима обработки металлов давлением.

ПК 4. Рассчитывать показатели и коэффициенты деформации обработки металлов давлением.

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями, обучающийся в ходе проведения и защиты лабораторных работ должен:

иметь практический опыт:

- выполнения необходимых расчетов технологических процессов обработки металлов давлением;
- осуществления технологического процесса изготовления изделий;
- пользования нормативно-справочной литературой;

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

знать:

- изменение структуры и свойств при деформации и нагреве металла;
- влияние различных факторов на поведение металла при пластической деформации;
- причины образования дефектов прокатной продукции.

Лабораторные работы следует проводить по мере прохождения студентами теоретического материала.

Лабораторные работы рекомендуется производить в следующей последовательности:

- вводная беседа, во время которой кратко напоминаются теоретические вопросы темы, разъясняется сущность, цель, методика выполнения работы, проводится инструктаж по технике безопасности;
- самостоятельное выполнение опытов с выполнением необходимых измерений, с записями и зарисовками;
- обработка результатов опытов, оформление отчета;
- защита лабораторной работы в форме собеседования по методике проведения и результатам проделанной работы.

Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов

1. К выполнению лабораторной работы необходимо подготовиться до начала занятия в лаборатории. Кроме описания работы в данном учебном пособии, используйте рекомендованную литературу и конспект лекций. К выполнению работы допускаются только подготовленные студенты.

2. Студенты обязаны иметь при себе линейку, карандаш, калькулятор, тетрадь для лабораторных работ.

3. При проведении эксперимента результаты измерений и расчетов записывайте четко и кратко в заранее подготовленные таблицы.

4. При обработке результатов измерений:

а) помните, что точность расчетов не может превышать точности прямых измерений;

б) результаты измерений лучше записывать в виде доверительного интервала.

5. Отчеты по лабораторным работам оформляются согласно требованиям ЕСКД и должны включать в себя следующие пункты:

- название лабораторной работы и ее цель;
- используемое оборудование;
- порядок выполнения лабораторной работы;
- далее пишется «Ход работы» и выполняются этапы лабораторной работы, согласно выше приведенному порядку (записываются требуемые теоретические положения, результаты измерений, обработка результатов измерений, заполнение требуемых таблиц и графиков, по завершении работы делается вывод.

6. При подготовке к сдаче лабораторной работы, необходимо ответить на предложенные контрольные вопросы.

7. Если отчет по работе не сдан вовремя (до выполнения следующей работы) по неуважительной причине, оценка за лабораторную работу снижается.

Паспортизация лабораторного оборудования

1 Назначение

Лабораторная установка ОМД-1 предназначена для проведения экспериментальных исследований следующих видов обработки металлов давлением: гибка; отбортовка; обжим; вырубка; вытяжка; прессование; раздача; осадка; штамповка.

Условия эксплуатации ОМД-1 – в помещении при температурах от + 10 до + 35° С и относительной влажности воздуха до 80 % при 25° С.

2 Комплектность

Внешний вид лабораторной установки ОМД-1 показан на Рисунке 1.



Рисунок - 1 Лабораторной установки ОМД-1

В состав установки входят:

- гидравлический пресс;
- набор штампов и заготовок;
- персональный компьютер;
- программное обеспечение;
- лабораторные работы.

3 Основные технические данные

3.1 Гидравлический пресс

- номинальное усилие, кН100

- скорость ползуна, не менее, мм/сек	5
- ход ползуна, мм.....	100
- масса, не более, кг	50
-габаритные размеры, мм (ШхГхВ)	450х450х570
- напряжение питания, В/Гц	220/50
-диаметр гидроцилиндра, мм	100

3.2. Набор штампов:

- габаритные размеры, мм (ДхВ)	80х120
- масса, не более, кг	4

4. Устройство и принцип работы

4.1 Гидравлическая схема

Принципиальная гидравлическая схема установки представлена на рисунке 2.

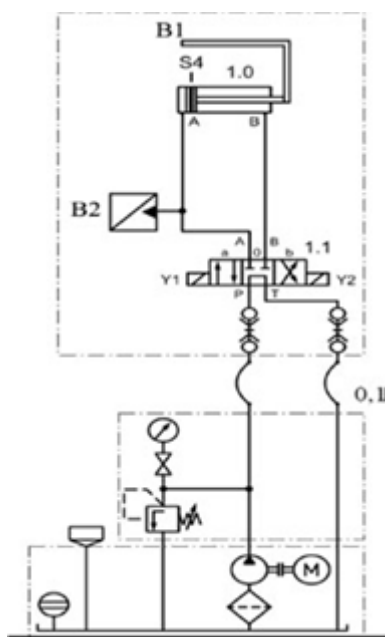


Рисунок – 2 Гидравлическая схема

Управление гидроцилиндром 1.0 пресса осуществляется гидрораспределителем с электромагнитным управлением 1.1, что позволяет переводить гидростанцию 0.1 в режим разгрузки. Втянутое положение штока гидроцилиндра контролируется датчиком верхнего положения поршня S4, текущее положение – аналоговым датчиком B1. Контроль усилия, развиваемого гидроцилиндром, осуществляется через контроль давление в поршневой полости гидроцилиндра 1.1, которое контролируется датчиком B2.

4.2 Органы управления и подключения электропитания

Конструктивно установка ОМД-1 представляет собой настольный гидравлический пресс. Органы управления и индикации пресса показаны на рисунке 3, средства коммутации с сетью и компьютером на рисунке 4.

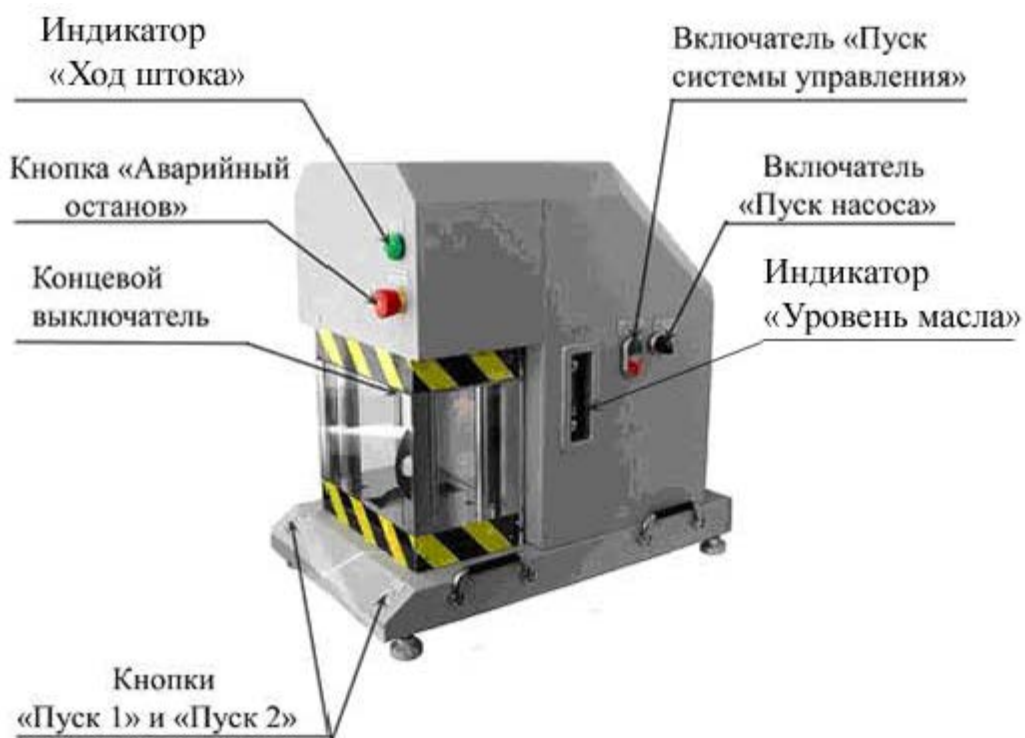



Рисунок - 3 Органы управления и индикации пресса



Рисунок - 4 Средства коммутации с сетью и компьютером

Подвод напряжения к установке осуществляется через разъем блока


«» подключения сети с автоматическим выключателем. Для аварийных ситуаций предусмотрен грибковый выключатель «Аварийный останов», с внутренней индикацией. Подача напряжения на насос гидростанции осуществляется выключателем с внутренней индикацией «Пуск насоса». Подача питания в систему управления производится выключателем «Пуск системы управления», с внутренней индикацией.

Для контроля проведения испытаний, записи и хранения установка подключается к компьютеру через USB – разъем «РС».

5 Подготовка к работе

5.1 Пресс

Перед началом эксплуатации необходимо выполнить следующие операции:

- произвести внешний осмотр и убедиться в отсутствии видимых повреждений;
- установить пресс на ровную горизонтальную поверхность, например, стол или верстак;
- при необходимости, произвести регулировку, с помощью опорных ножек, для обеспечения устойчивости прессы и выравнивания относительно горизонтальной поверхности;
- подключить пресс к однофазной сети через разъем «» (рисунок 4);

5.2 Пробный пуск установки ОМД-1

Перед проведением пробного пуска необходимо убедиться в подключении электрических кабелей в соответствии с п.п. 5.1.

Убедится, в отсутствии посторонних предметов на монтажной плите, и в зоне перемещения штока цилиндра (штампы устанавливаются только при проведении экспериментальных исследований).

Проконтролировать, что уровень масла находится в допустимом диапазоне.

Установить все выключатели на установке в положение ОТКЛЮЧЕНО.

Для пробного пуска необходимо выполнить операции, согласно таблице 1:

Таблица – 1 Инструктажная карта

№ п/	Перечень операций	Индикация, отображаемая при проведении операций	Примечание
1.	Закрыть дверцу пресса		
2.	Разблокировать кнопку аварийного останова (См.рис.3)		
3.	Установить выключатель «Автоматический выключатель» в положение ВКЛ. (См. рис.3)	Загорается внутренний индикатор, грибкового выключателя «Аварийный останов»	
4.	Установить выключатель «Пуск системы управления» в положение ВКЛ. (См. рис.3)	Загорается внутренний индикатор выключателя «Пуск системы управления»	
5.	Установить выключатель «Пуск насоса» в положение ВКЛ. (См.рис.3)	Загорается внутренний индикатор выключателя «Пуск насоса»	Запускается насос насосной станции
6.	Нажать одновременно кнопки «Пуск1» и «Пуск2» (См. рис.3)	Загорается внутренняя индикация кнопок «Пуск1» и «Пуск2»	Шток гидроцилиндра начинает перемещаться в крайнее нижнее положение.
7.	Отпустить одну из кнопок «Пуск1» и «Пуск2» или обе кнопки.	На отпущенной кнопке «Пуск1» или «Пуск2» гаснет индикация.	Шток гидроцилиндра начинает перемещение в крайнее верхнее положение и останавливается.
8.	Установить выключатель «Пуск насоса» в положение ОТКЛ. (См.рис.3)	Гаснет внутренний индикатор выключателя «Пуск насоса»	Останавливается насос насосной станции
9.	Установить выключатель «Пуск системы управления» в положение ОТКЛ. (См.рис.3)	Гаснет внутренний индикатор выключателя «Пуск системы управления»	
10	Установить выключатель «Автоматический выключатель» в положение ОТКЛ. (См.рис.3)	Гаснет индикатор «Сеть ~220»	
11	Заблокировать кнопку аварийного останова (См.рис.3)		

5.4 Программное обеспечение OMD

С целью визуализации и протоколирования силы деформирования и положения пуансона в ходе проведения экспериментальных исследований процессов обработки

металлов давлением, установка укомплектована персональным компьютером и специализированным программным обеспечением OMD*, поставляемом на CD. Программное обеспечение выполнено с помощью Lab View версии 8.5.

Для установки программного обеспечения на компьютере необходимо иметь 180 Мб свободного дискового пространства.

5.4.1 Инсталляция программного обеспечения

Для инсталляции программного обеспечения OMD необходимо произвести следующие действия:

- вставить CD в дисковод;
- войти в папку OMD;
- двойным щелчком на файл setup.exe запустить инсталляцию;
- действовать согласно дальнейшим указаниям программы;
- после завершения инсталляции перезагрузить компьютер;
- после перезагрузки войти в папку C:\Program files\ OMD;
- выделить файл OMD.exe и создать на рабочем столе ярлык для вызова программы

(рисунок 5).

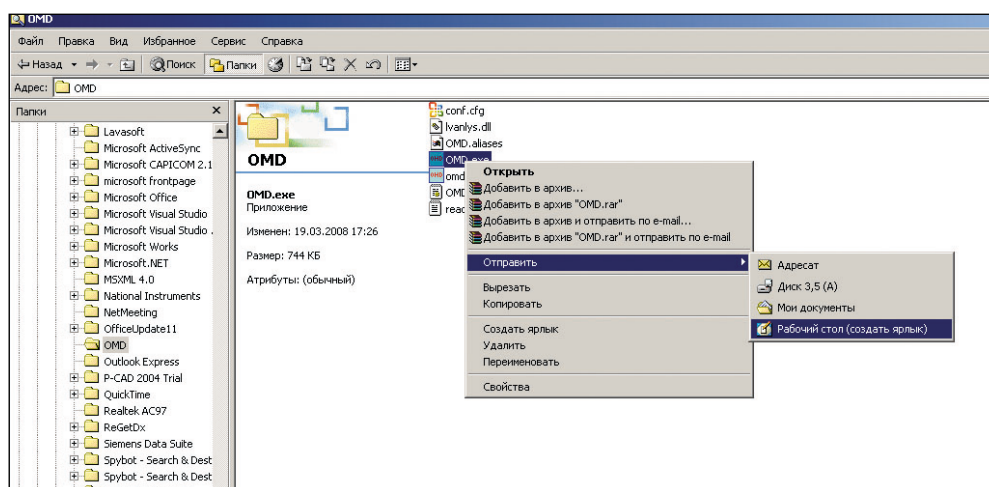


Рисунок – 5 Ярлык для вызова программы

5.4.2 Работа с программным обеспечением OMD

После загрузки программы система визуализации готова к регистрации данных.

Общий вид панели OMD представлен на рисунке 6.

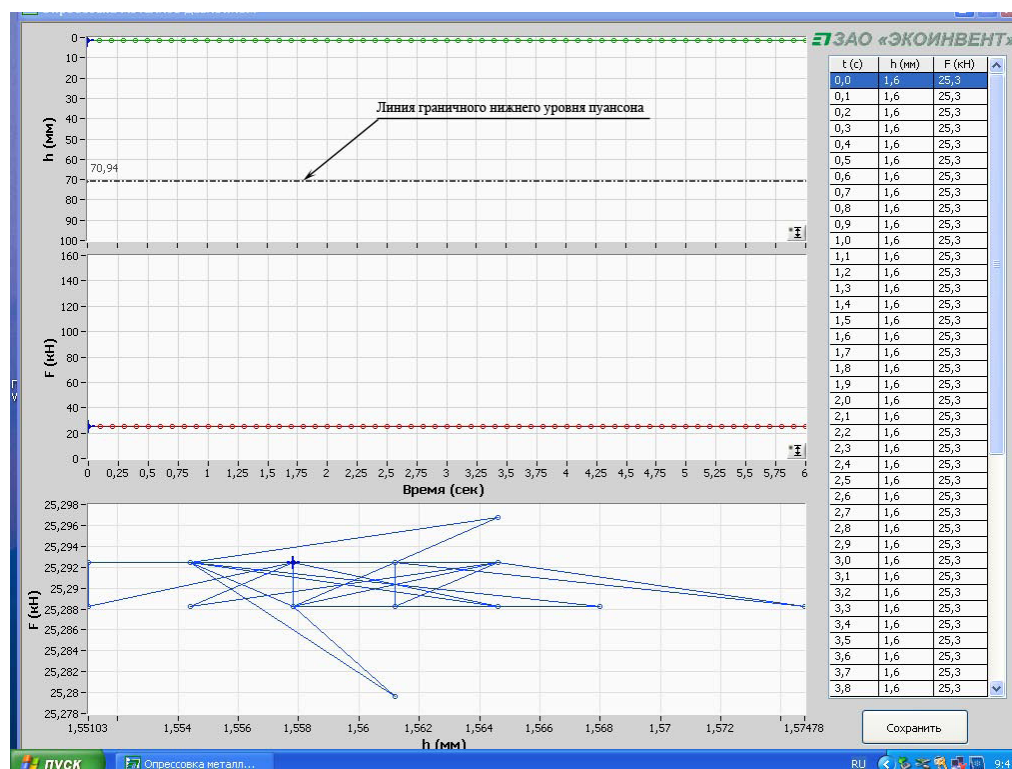


Рисунок
- 6 Общий вид
панели OMD

5.4.3

Проведение

экспериментальных исследований

Для проведения экспериментальных исследований необходимо подключить компьютер к прессу, через разъем «РС» с помощью кабеля входящего в комплект поставки (смотри рисунок 3) После подключения кабеля и, включенном компьютере, начинает мерцать светодиод «РС», на блоке управления.

Запись параметров в таблицу и построение графиков начинается автоматически после пуска пресса и прекращается, когда пуансон (шток гидроцилиндра) начинает движение вверх.

Линия граничного нижнего уровня пуансона указывает максимально возможное значение перемещения штока гидроцилиндра. Достигнув данного значения, шток гидроцилиндра автоматически начнет отводиться в исходное положение, даже если пусковые кнопки пресса удерживаются оператором в нажатом состоянии. Такой алгоритм работы предусмотрен для проведения поэтапного выполнения рабочих операций, т.е. когда исследуются отдельные стадии обработки металла давлением. При этом пуансон должен автоматически возвращаться в исходное положение, совершив требуемое перемещение полного рабочего хода. Для этого линию граничного нижнего уровня пуансона надо установить на желаемой отметке. Перемещение линии осуществляется нажатием на левую кнопку «мыши» и установке линии на требуемый уровень.

Если при проведении эксперимента отвод пуансона должен производиться по команде оператора (путем отпускания пусковых кнопок пресса), следует передвинуть линию граничного нижнего уровня пуансона в положение 0мм. (Рисунок 7)

После проведения эксперимента панель OMD приобретает следующий вид, согласно рисунка 7:

- верхний график (зеленый цвет) зависимость изменения длины от времени;
- средний график (красный цвет) зависимость прилагаемой силы от времени;
- нижний график (синий цвет) зависимость изменения длины от приложенной силы.

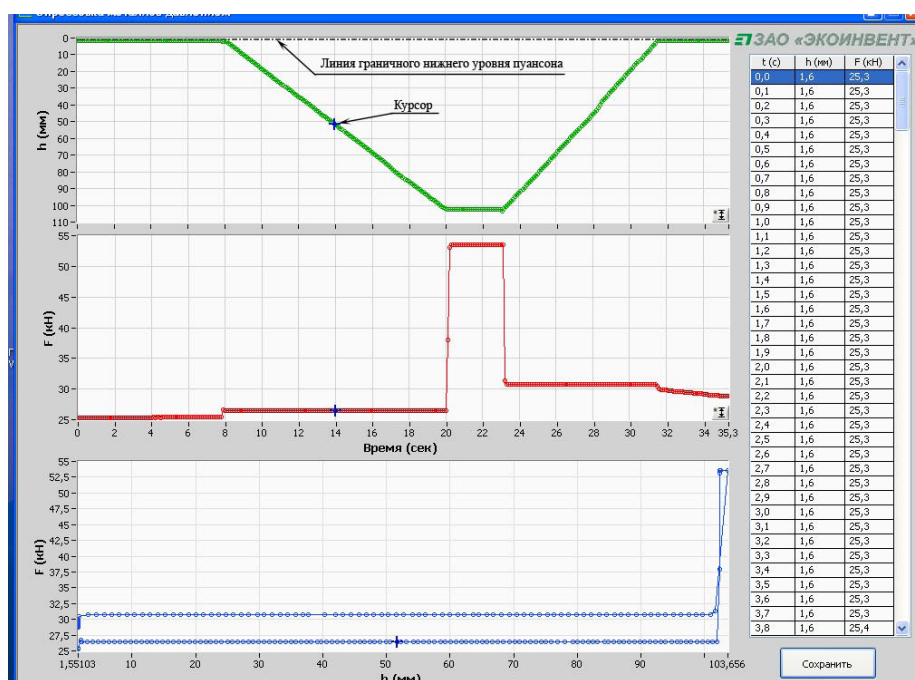
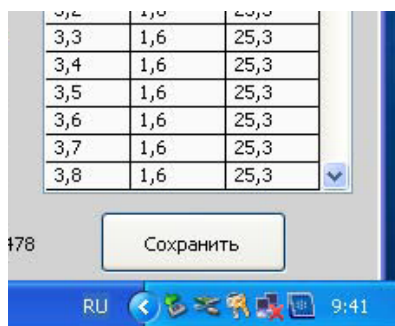


Рисунок - 7 Общий вид панели OMD после эксперимента

При необходимости узнать точное значение какого-либо параметра на графике, требуется подвести курсор с помощью «мыши», в центре верхнего графика появится перекрестие «Курсора», а в таблице выделится строка соответствующих значений. «Курсор» можно передвигать вдоль оси «Время» с помощью «мыши», либо, выделяя определенную строку в таблице.

Для сохранения результатов необходимо нажать клавишу «Сохранить» в правом нижнем углу под таблицей на рабочем поле монитора (рисунок 8)



Ваша фамилия

Иванов П.С.

Результаты Вашей работы будут сохранены в файлах

C:\OMD\Иванов П.С._090619_1101.txt

C:\OMD\Иванов П.С._090619_1101_1.jpg

C:\OMD\Иванов П.С._090619_1101_2.jpg

C:\OMD\Иванов П.С._090619_1101_3.jpg

Сохранить

Рисунок - 8

Рисунок - 9

После выполнения данной операции, в центре монитора появится таблица, в которую необходимо занести фамилию и нажать клавишу сохранить (рисунок 9)

Результаты испытаний будут сохранены на диске C:\ в папке OMD под вашей фамилией.

6. Указания мер безопасности

6.1 К работе с установкой ОМД-1 допускаются только лица, ознакомленные с его устройством, принципом действия, программным обеспечением и мерами безопасности в соответствии с требованиями, изложенными в настоящем разделе.

6.2. Для подключения установки к электрической сети переменного тока напряжением 220В должны использоваться только розетки с заземляющим контактом, подключенным к общему контуру заземления, отвечающему требованиям «Правил устройства электроустановок».

6.3. При обнаружении повреждений изоляции соединительных проводов необходимо работу на установке немедленно прекратить и установку отключить от питающей сети.

Повторное включение установки в сеть переменного тока напряжением 220В разрешается только после устранения повреждений изоляции проводов или их замены.

6.4. Техническое обслуживание и ремонтные работы производить только после полного отключения установки от питающей сети переменного тока 220В.

6.5. Для предотвращения травматизма при работе установка имеет функцию аварийного останова, рабочая зона пресса имеет ограждение, пуск пресса производится только двуручным управлением.

6.6. Запрещается:

- проводить пуск пресса, не убедившись в правильной установке штампа на рабочем столе;
- производить блокировку пусковых кнопок и микровыключателя ограждения;
- проверять надежность соединения гидравлических шлангов, находящихся под давлением (при включенной насосной станции)
- продолжать эксплуатировать установку в случае обнаружения каких-либо неполадок;

- подключать установку к питающей сети 220В, не оснащенной в соответствии с п. 6.2 настоящего руководства;

- подключать насосную установку к сети при отсутствии разгрузки насоса от давления.

Инструктаж по технике безопасности должен быть зафиксирован в специальном журнале, где каждый студент должен расписаться.

7. Порядок работы

При проведении экспериментальных лабораторно-практических работ следует придерживаться следующего порядка действий:

- убедиться, что пресс подключен к гидростанции и компьютеру;
- включить компьютер и открыть программу OMD;
- на рабочий стол прессы установить требуемый штамп с предварительно вставленной в него заготовкой (описание работы со штампами изложено в сборнике лабораторно-практических работ);
- произвести работы на прессе согласно таблице 1
- сохранить записанные результаты эксперимента нажатием на рабочем поле программы OMD клавиши «Сохранить»;
- после завершения работы с программой нажать клавишу «Выход из программы».

Лабораторная работа №1

Технологическая операция вытяжка

Цель работы:

В ходе лабораторной работы необходимо определить:

1. предельный коэффициент вытяжки $K_{\text{вmax}}$;
2. усилие и работу деформирования;
3. максимальные растягивающие напряжения σ_p , действующие в опасном сечении;
4. необходимость применения прижима фланца.

Оборудование, инструмент, образцы

Оборудование – пресс, номинальной силой 100 Кн.

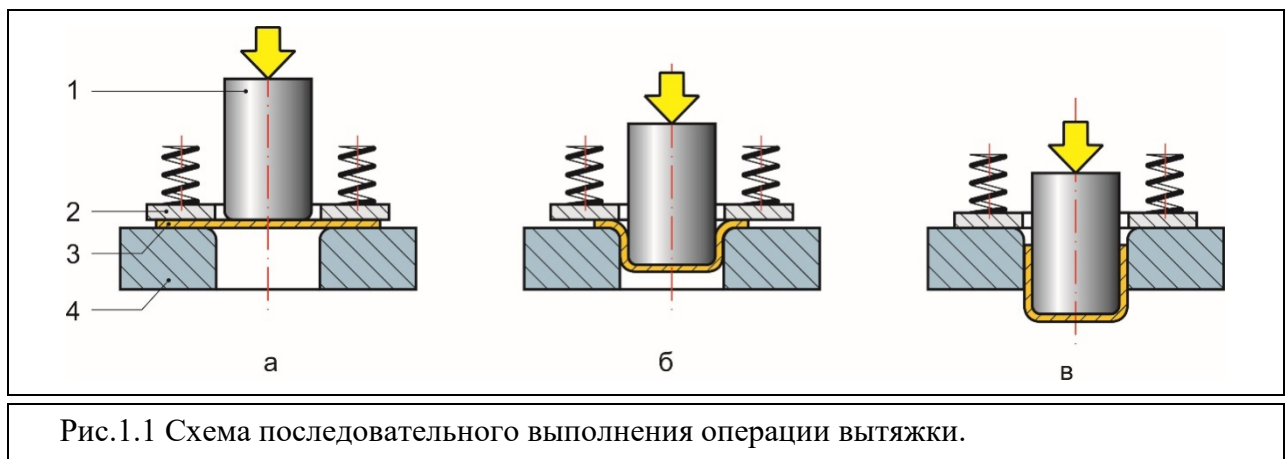
Инструмент – специальный штамп для вытяжки с матрицей и пуансоном для изготовления стаканчика наружным диаметром 30 мм.

Образцы – круглые заготовки диаметром 40, 45 и 50 мм, толщиной 2 мм из листовой малоуглеродистой стали, мягкой отожженной меди или мягких алюминиевых сплавов.

Измерительный инструмент – штангенциркуль, микрометр, линза с 5-кратным увеличением.

Основные сведения о вытяжке

Операцией вытяжки называется технологический процесс получения полой пространственной детали (цилиндрической или коробчатой) из плоской листовой заготовки.



Плоская заготовка 3 укладывается на матрицу 4, имеющую отверстие со скругленными кромками и прижимается к ней прижимом 2 (рис.1.1, а). Цилиндрический пуансон 1 со скругленными кромками при своем движении вниз воздействует на центральную часть заготовки и заталкивает ее в отверстие матрицы. При этом наружная часть заготовки втягивается в матрицу с образованием вертикальной цилиндрической стенки (рис. 1.1, б). После того, как вся заготовка будет втянута в матрицу (рис. 1.1, в), процесс заканчивается, и полученная деталь снимается с пуансона. В результате операции из плоской заготовки получается цилиндрический стакан с доньшком.

Существуют определенные условия, необходимые для нормального выполнения операции вытяжки. Несоблюдение этих условий может привести к браку получаемой детали (отрыв доньшка, складки на поверхности и др.). Поэтому для того, чтобы изготовить цилиндрический стакан заданных размеров, необходимо предварительно рассчитать размеры заготовки и определить напряжения и деформации, возникающие в опасных сечениях заготовки в процессе деформирования.

На рис.1.2, а показаны обозначения размеров, принятые в расчетных формулах, а на рис. 1.2, б - часть заготовки на промежуточной стадии вытяжки с указанием напряжений, действующих в различных точках заготовки.

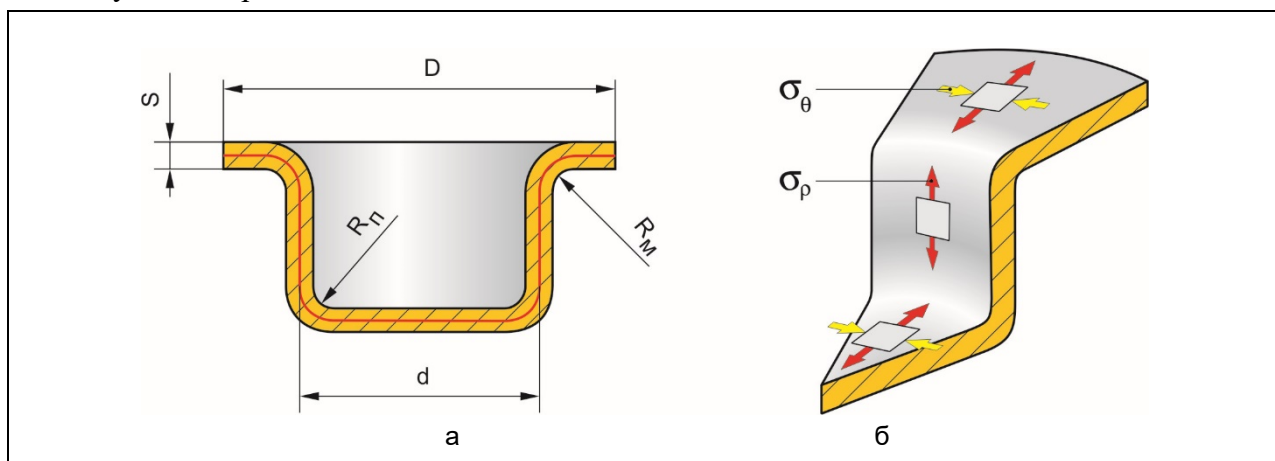


Рис.1.2 Обозначение размеров заготовок и напряжения, действующие в них.

Перемещение средней части заготовки при вытяжке вызывает появление в ее наружной части (фланце) растягивающих радиальных σ_r и сжимающих тангенциальных σ_θ напряжений. Под действием сжимающих напряжений σ_θ на фланце могут образовываться складки, которые способны перейти и на цилиндрическую вертикальную стенку стакана, что является признаком брака. Чем больше толщина заготовки и меньше ширина кольцевого фланца, тем меньше вероятность потери устойчивости фланца и образования складок.

Для того, чтобы избежать появления складок при вытяжке применяют прижим заготовки. Определить необходимость использования прижима можно по упрощенной эмпирической формуле:

$$D - d \leq 18 S \quad (1.1)$$

Если это соотношение выдерживается, то в процессе вытяжки фланец не теряет устойчивости, складки не образуются и вытяжку можно производить без прижима.

Наиболее опасным сечением является зона перехода от вертикальной стенки стакана к доньшку, где растягивающие напряжения σ_r достигают наибольших значений. В этом месте может произойти, отрыв доньшка от стенки.

Для нормального протекания процесса вытяжки необходимо, чтобы максимальное растягивающее напряжение $\sigma_{r\max}$, действующее в опасном сечении, не превышало предела текучести материала:

$$\sigma_{r\max} < \sigma_T$$

Значение силы вытяжки определяется формулой:

$$P = \sigma_{\text{pmax}} \pi d S, \quad (1.2)$$

где d – средний диаметр вытягиваемого стакана;

S – толщина заготовки.

Для теоретического расчета силы вместо σ_{pmax} следует подставлять σ_{T} – предел текучести материала заготовки.

В процессе вытяжки толщина заготовки увеличивается от исходной S до S_{max} у края вытянутого стакана:

$$S_{\text{max}} = S \sqrt{\frac{D}{d}}. \quad (1.3)$$

Одним из основных факторов, определяющих возможность выполнения операции вытяжки, является коэффициент вытяжки $K_{\text{в}}$.

$$K_{\text{в}} = \frac{D}{d}. \quad (1.4)$$

Установлено, что предельным значением коэффициента вытяжки для разных материалов является значение $K_{\text{вmax}} = 1,8 - 2,0$.

Таким образом, зная диаметр стакана d , который необходимо вытянуть, можно рассчитать необходимый диаметр заготовки:

$$D = d K_{\text{в}}. \quad (1.5)$$

Далее, исходя из равенства площади поверхности заготовки и площади поверхности детали (расчитанной по среднему диаметру d) можно определить высоту стакана H .

При вытяжке без фланца высота стакана (без учета радиуса скругления) определяется по формуле:

$$H = \frac{A_z - A_d}{\pi \cdot d}, \quad (1.6)$$

где $A_z = \frac{\pi D^2}{4}$ – площадь заготовки;

$A_d = \frac{\pi d^2}{4}$ – площадь доньшка стакана.

Отсюда следует, что высоту получаемого при вытяжке стакана без фланца можно определить по формуле:

$$H = \frac{D^2 - d^2}{4d}. \quad (1.7)$$

Обычно при вытяжке высота стакана получается меньше его диаметра. Для того, чтобы получить значительную высоту стакана, вытяжку производят в несколько приемов, т.е. за несколько переходов. При этом должно быть соблюдено правило: на каждом переходе коэффициент вытяжки не должен превышать предельное значение $K_{\text{вmax}}$.

Для этого общий коэффициент вытяжки $K_{\text{в}}$ разбивают на несколько, так, чтобы соблюдалось равенство:

$$K_{\text{в}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (1.8)$$

где каждый из коэффициентов K_i не превышает допустимого значения.

Например, необходимо изготовить стакан с размерами H_3 и d_3 . Из равенства площадей поверхностей детали и заготовки определяется диаметр исходной заготовки D . Если при этом значение коэффициента вытяжки $K=D/d_3$ превысит предельное значение $K_{\text{гmax}}$, то тогда определяют количество необходимых переходов вытяжки, на каждом из которых назначают допустимый коэффициент вытяжки:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = \frac{D}{d_1} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{d_2}{d_3} = \frac{D}{d_3}. \quad (1.9)$$

Деталь изготавливают за несколько переходов, перекладывая заготовку из первой матрицы во вторую, затем в третью и т.д. (рис.1.3).

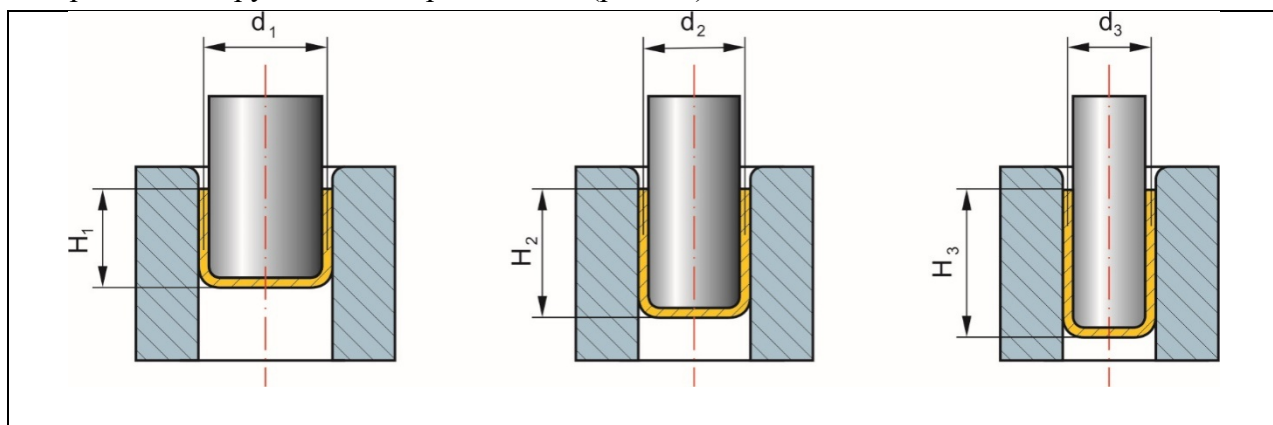


Рис.1.3 Получение стакана значительной высоты за несколько переходов.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить теоретические расчеты.

1.1 Для заданного диаметра d вытягиваемого стакана определить диаметр D заготовок, принимая коэффициент вытяжки $K_{\text{в}}$ в пределах 1,6 – 1,9.

1.2. Проверить необходимость применения прижима.

1.3 Определить ожидаемую максимальную толщину стенки S_{max} краевой части вытягиваемого стакана.

1.4 Определить максимальную силу вытяжки P_{max} , принимая максимальные растягивающие напряжения $\sigma_{\rho \text{ max}}$ равными пределу текучести $\sigma_{\text{т}}$ материала.

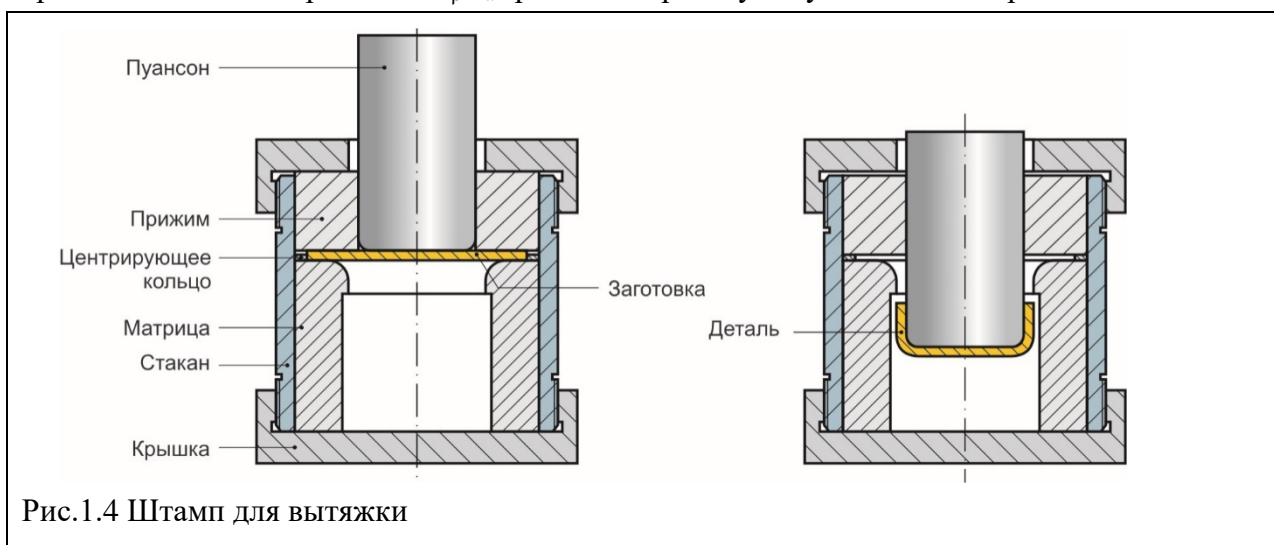


Рис.1.4 Штамп для вытяжки

2. Выполнить экспериментальные работы.

- 2.1 Разобрать штамп для вытяжки, сняв пуансон, фланец и прижим.
- 2.2 Установить в матрицу центрирующее кольцо и заготовку меньшего диаметра D , предварительно смазав плоскость и кромку отверстия матрицы машинным маслом.
- 2.3 Собрать штамп, обеспечив касание прижима и заготовки с минимальным усилием.
- 2.4 Установить штамп в рабочую зону прессы и произвести вытяжку стакана с записью силы деформирования и перемещения пуансона.
- 2.5 Разобрать штамп, извлечь вытянутый стакан.
- 2.6 Измерить диаметр d стакана и толщину S_{\max} его краевой части.
- 2.7 Повторить опыты по п.п.2.2-2.4, увеличивая диаметр D заготовок до появления трещин в детали. Определить предельный коэффициент вытяжки, соответствующий разрушению детали.
- 2.8 Повторить опыты по п.п.2.2-2.5 для заготовок из другого материала (с другим пределом текучести).

3. Произвести обработку полученных данных.

- 3.1 Используя запись силы и перемещения во времени построить зависимость силы деформирования по ходу вытяжки $P=(S)$, и сделать вывод о характере этой зависимости, определить работу деформирования.
- 3.2 Используя экспериментальное значение силы деформирования P рассчитать фактические максимальные растягивающие напряжения $\sigma_{p \max}$, действующие в заготовке и сравнить с принятыми. Сравнить теоретические и фактические силы вытяжки.
- 3.3 Сравнить теоретические и фактические значения толщины краевой части вытянутого стакана. Оценить величину утолщения стенки стакана по сравнению с толщиной исходной заготовки.
- 3.4 Сравнить предельные коэффициенты вытяжки для разных материалов и сделать выводы о влиянии этого коэффициента на усилие вытяжки.

Исходные, расчетные и экспериментальные данные занести в таблицу

Материал	d	D	K_b	S	S_{\max}		$\frac{S_{\max p}}{S_{\max \varepsilon}}$	$\frac{P_{\max}}{P_{\max \varepsilon}}$		$\frac{P_{\max p}}{P_{\max \varepsilon}}$	σ_T	σ_p
					расч	эксп		расч	эксп			
сталь												
медь												
алюминий												

Выводы:

Лабораторная работа №2

Технологическая операция вырубка

Цель работы:

1. Изучить факторы, влияющие на качество боковой поверхности вырубаемой детали;
2. Исследовать влияние толщины заготовки и ее материала на силу вырубки, высоту блестящего пояса и качество поверхности среза;
3. Экспериментально определить характер изменения силы по ходу инструмента и работу деформирования.

Оборудование, инструмент, образцы

Оборудование – пресс, номинальной силой 100 кН.

Инструмент – специальный штамп с матрицей и пуансоном для вырубки кружка Ø 14 мм.

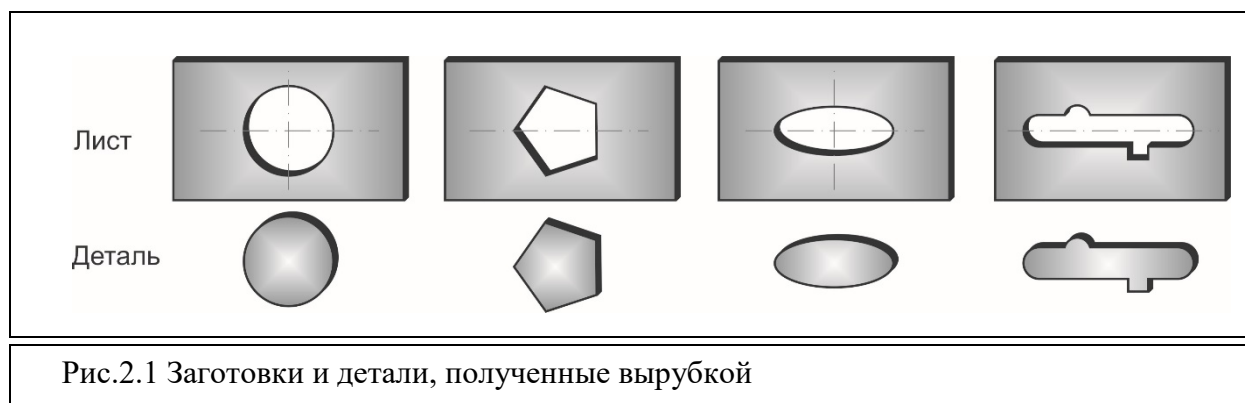
Образцы – круглые заготовки Ø 30 мм, толщиной 2 мм из листовой среднеуглеродистой стали, мягкой отожженной меди или мягких алюминиевых сплавов.

Измерительный инструмент – штангенциркуль, микрометр, линза с 5-кратным увеличением.

Основные сведения о вырубке

Вырубка – технологическая разделительная операция, при которой из деформируемой части листовой заготовки при сдвиге материала по заданному контуру отделяется (вырубается) деталь с заданным внешним контуром.

Контур детали определяется контуром вырубного инструмента-пуансона и матрицы (рис.2.1).



Пуансон должен входить в матрицу с зазором Z , величина которого существенно влияет на качество боковой поверхности вырубаемой детали. Процесс вырубки начинается с момента, когда пуансон 1 соприкасается с поверхностью заготовки 2, установленной на матрице 3 (рис.2.2, а).

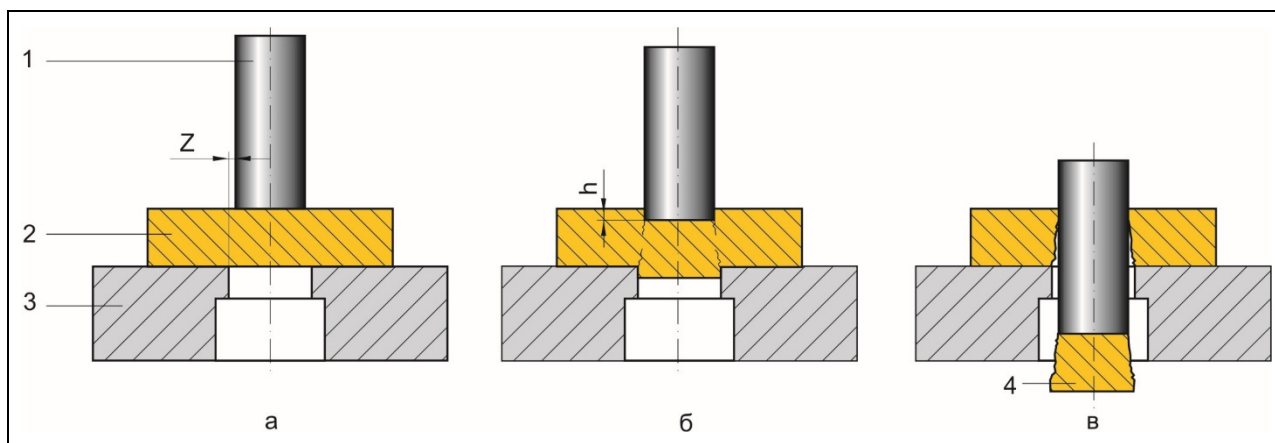


Рис.2.2 Стадии выполнения операции вырубки.

При внедрении пуансона в тело заготовки в ней возникают напряжения, распределение которых по деформируемому объему неравномерно. Наибольшие напряжения возникают вблизи острых кромок матрицы и пуансона, играющих роль концентраторов напряжений.

В начале внедрения напряжения не превышают предела прочности материала и процесс идет в зоне пластических деформаций, в результате чего образуется скругленная форма перехода от свободной поверхности заготовки к кромке пуансона и от свободной поверхности детали к кромке матрицы. По мере движения пуансона напряжения увеличиваются, достигают предельного значения, соответствующего разрушению материала и происходит срез волокон материала на участке внедрения высотой h . В конце этого участка вблизи кромок пуансона и матрицы в материале образуются трещины (рис.2.2, б).

После появления трещин процесс разрушения материала становится саморазвивающимся – трещины развиваются вглубь материала, встречаются, и происходит отделение детали от заготовки. Последняя стадия процесса – проталкивание детали **4** через заготовку и матрицу (рис.2.2, в).

На рис.2.3 показаны характерные участки боковой поверхности детали и заготовки после вырубки.

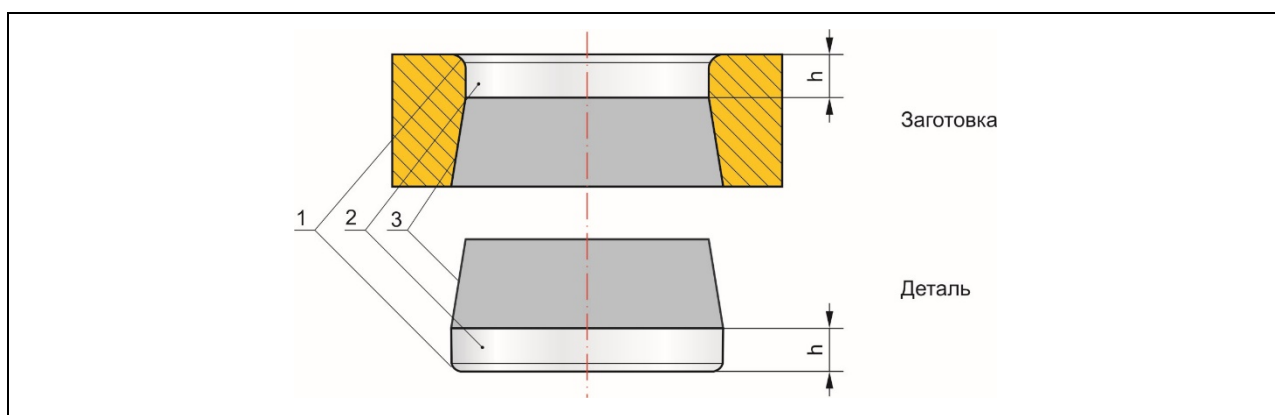


Рис.2.3 Характерные участки боковой поверхности детали и заготовки после вырубки

Участок 1 – скругление поверхности, образовавшееся на начальной стадии вырубki, когда напряжения в материале еще не достигли предельного значения и материал деформируется пластически, без разрушения.

Участок 2 – блестящий поясok. На этом участке напряжения превышают предел прочности материала и образуется блестящий поясok в результате пере-резания волокон материала при внедрении пуансона в заготовку на глубину h .

Участок 3 – поверхность скалывания. Эта зона образуется в результате развития трещин со скоростью, превышающей скорость движения пуансона, в результате чего происходит резкий срыв нагрузки.

Зазор Z между пуансоном и матрицей существенно влияет на точность размеров вырубаемой детали, качество ее боковой поверхности и стойкость инструмента.

На рис.2.4 показано развитие трещин скалывания при различных зазорах Z .

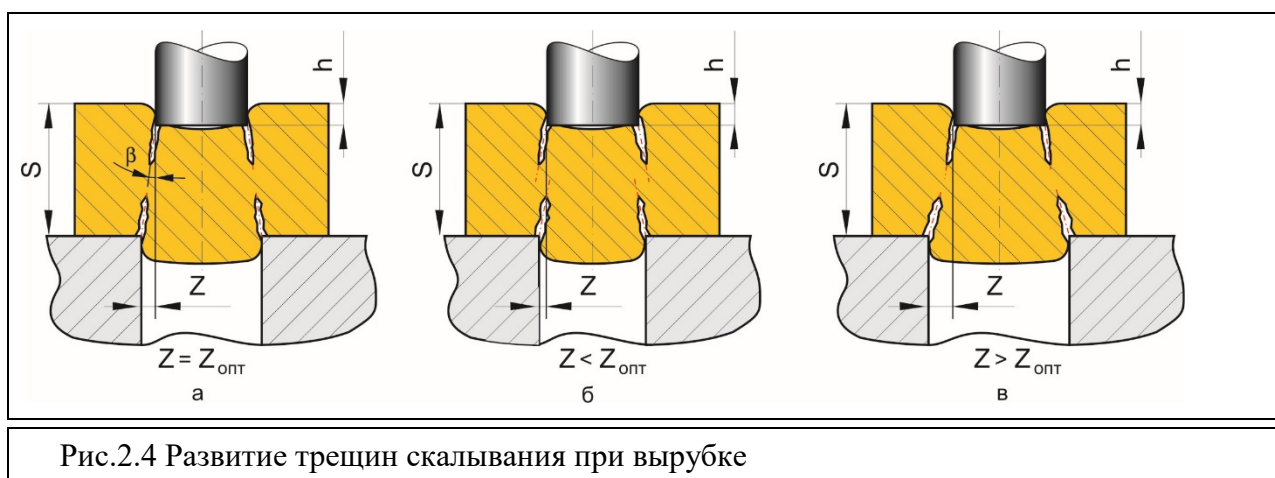


Рис.2.4 Развитие трещин скалывания при вырубке

Оптимальным считается минимальный зазор, обеспечивающий совпадение трещин скалывания (рис.2.4, а).

Его величина приближенно может быть определена по формуле:

$$Z = (S - h) \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (2.1)$$

где β - угол наклона трещины к оси инструмента,

h – глубина внедрения режущей кромки пуансона до появления трещин,

S – толщина заготовки.

Среднее значение угла β находится в пределах $40^\circ - 60^\circ$, меньшие значения принимаются для более твердых материалов. Глубина внедрения h колеблется в пределах:

$$h = (0,1 - 0,5) S, \quad (2.2)$$

где меньшие значения принимаются для более прочных и твердых материалов и возрастают для более пластичных.

Из сказанного следует, что минимальная величина зазора, обеспечивающая совпадение трещин скалывания уменьшается с повышением пластичности металла, т.е. для мягких металлов (медь, алюминий и др.) необходимо устанавливать меньшие зазоры, чем для твердых (сталь).

Уменьшение зазора по сравнению с оптимальным приводит к тому, что трещины скалывания не встречаются и боковая поверхность получается рваной, с дополнительными поясками разрушения (рис.2.4, б).

При зазоре Z , большем оптимального, трещины встречаются, однако при этом боковая поверхность скалывания не является единой, а состоит из двух пересекающихся поверхностей скола (рис.2.4, в).

Максимальная сила вырубки определяется по формуле:

$$P_{\max} = 0,5 \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\theta} \quad (2.3)$$

$$\text{или } P_{\max} = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{cp}, \quad (2.4)$$

где L – периметр вырубаемой детали,

S - толщина заготовки,

$k = (1,1 - 1,3)$ – коэффициент, учитывающий возможность притупления режущих кромок ,

σ_{θ} – предел прочности материала,

σ_{cp} – сопротивление срезу.

Характеристики материала σ_{θ} и σ_{cp} содержатся в справочной литературе. Влияние величины зазора Z при вырубки проявляется в следующем: при зазоре, большем оптимального, возрастает изгиб и искажение заготовки в процессе вырубки, а в детали возникают упругие деформации, уменьшающие ее размер, в результате чего диаметр детали будет несколько меньше диаметра матрицы, а диаметр вырубленного в заготовке отверстия – несколько больше диаметра пуансона. Следовательно, вырубленная деталь свободно выпадет через отверстие матрицы, а пуансон свободно выйдет из заготовки.

При зазоре, меньшем оптимального, увеличивается усилие деформирования, уменьшается изгиб и искажение заготовки в процессе вырубки, возрастает интенсивность притупления режущих кромок инструмента и износ боковых поверхностей пуансона и матрицы. После вырубки при зазорах, меньших оптимального, в детали возникают упругие деформации, увеличивающие размер детали, под действием которых диаметр детали становится больше диаметра матрицы, а диаметр вырубленного в заготовке отверстия – меньше диаметра пуансона. Поэтому вырубленная деталь застревает в матрице, а заготовка плотно охватывает пуансон. Необходимо прикладывать силу для проталкивания детали через матрицу и предусматривать съемник для съема заготовки с пуансона.

Усилие съема определяется формулой:

$$P_c = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sigma_s, \quad (2.5)$$

где μ – коэффициент трения

L – периметр детали

h – высота блестящего пояска

σ_s – напряжение текучести материала.

Усилие проталкивания детали принимается примерно равным усилию съема.

На рис. 2.5 показан характер изменения силы вырубки по перемещению пуансона при оптимальном зазоре Z .

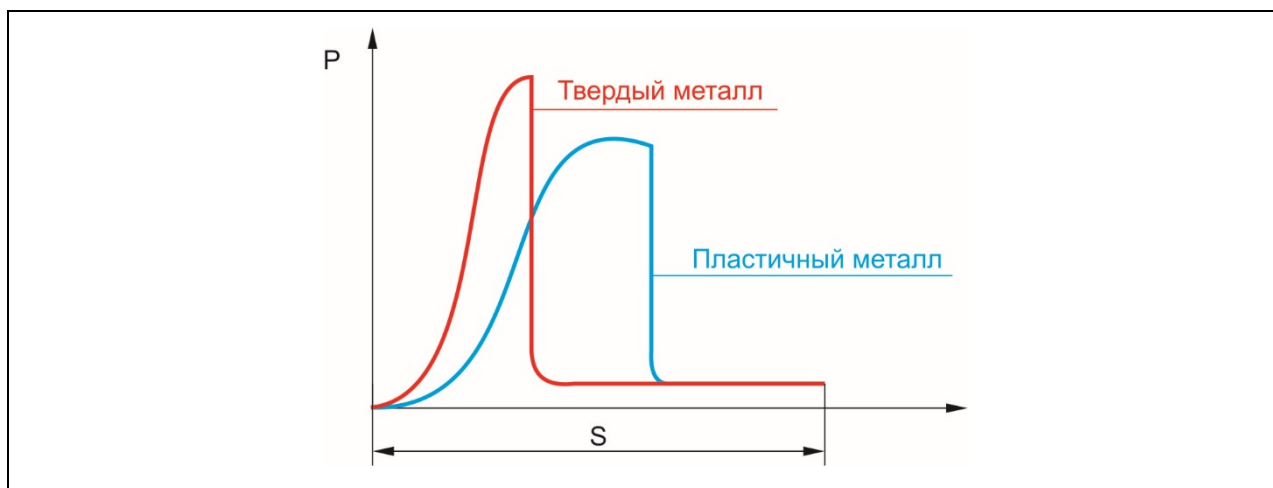


Рис.2.5 Характер изменения силы вырубki по перемещению пуансона при оптимальном зазоре Z

Как видно из графиков, для обоих случаев сила достаточно медленно возрастает на начальной стадии деформирования, затем быстро возрастает до максимума, после чего происходит резкий срыв нагрузки до значения, соответствующего силе проталкивания. Срыв нагрузки происходит в момент образования трещин скалывания при внедрении пуансона на высоту h блестящего пояса.

Из графиков видно, что при прочих равных условиях для пластичных металлов, по сравнению с твердыми металлами, максимальная сила вырубki меньше, скол происходит при большей глубине внедрения пуансона, следовательно, величина блестящего пояса больше.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить теоретические расчеты.

1.1 Для заданной толщины заготовки S по формулам определить высоту блестящего пояса h и оптимальный зазор Z .

1.2. Для заданного диаметра детали d , толщины S и материала (σ_v , σ_{cp}) определить максимальную силу вырубki P_{max} .

1.3 Определить силу съема P_c , приняв коэффициент трения $\mu = 0,1$ и напряжение текучести $\sigma_s = \sigma_T$.

2. Выполнить экспериментальные работы.

2.1 Разобрать штамп для вырубki, сняв пуансон, фланец и прижим.

2.2 Установить в матрицу центрирующее кольцо и заготовку из стали.

2.3 Собрать штамп, обеспечив касание прижима и заготовки с минимальным усилием. Установить штамп в рабочую зону прессы и произвести вырубку кружка с записью силы деформирования и перемещения пуансона.

2.5 Разобрать штамп, извлечь деталь и заготовку.

2.6 Измерить диаметры пуансона d_p , матрицы D_m , вырубленного кружка d и отверстия D в заготовке. Определить зазор Z между пуансоном и матрицей, сравнить с оптимальным

расчетным $Z_{\text{опт}}$. Сравнить между собой диаметры вырубленного кружка d и пуансона $d_{\text{п}}$, диаметры отверстия в заготовке D и матрицы $D_{\text{м}}$.

Повторить опыты по п.п. 2.2 - 2.6 для заготовок из другого материала (с другим пределом текучести).

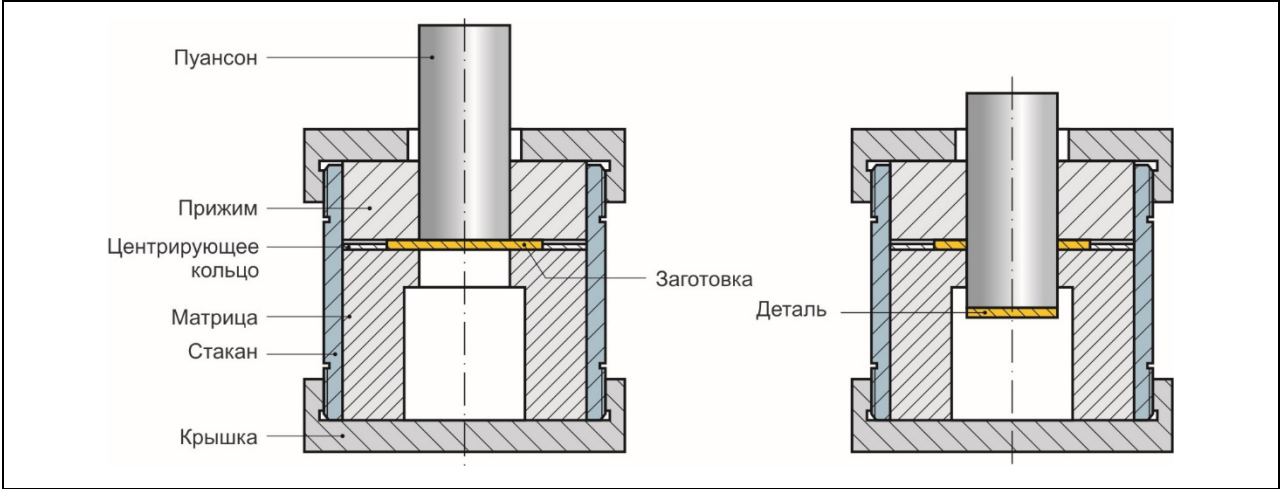


Рис.2.6 Специальный штамп для вырубки кружка

- 3. Произвести обработку полученных данных.**
 - 3.1 Используя запись силы и перемещения во времени построить зависимость силы деформирования по ходу вырубки $P=P(S)$, и сделать вывод о характере этой зависимости, определить работу деформирования.
 - 3.2 Используя экспериментальное значение силы деформирования P рассчитать фактические значения предела прочности $\sigma_{\text{в}}$ и напряжения среза $\sigma_{\text{ср}}$ материала и сравнить с принятыми. Сравнить теоретические и фактические силы вырубки.
 - 3.3 Сравнить теоретические и фактические значения высоты h блестящего пояса вырубленной детали.
 - 3.4 Оценить влияние изменения марки материала на качество поверхности среза, величину силы вырубки, высоту блестящего пояса при данном зазоре Z .

Исходные, расчетные и экспериментальные данные занести в таблицу

Материал	d	D	S	Z		h		P		$\sigma_{\text{в}}$		$\sigma_{\text{ср}}$		$P_{\text{с}}$
				расч	факт	расч	эксп	расч	эксп	расч	эксп	расч	эксп	
сталь														
медь														
алюминий														

Выводы:

Лабораторная работа № 3

Технологическая операция гибка

Цель работы:

Изучить особенности процесса гибки и исследовать влияние на величину угла пружинения свойств материала, его толщины и угла гибки.

Оборудование, инструмент, образцы

Оборудование – пресс, номинальной силой 100 кН.

Инструмент – специальный штамп с набором сменных матриц и пуансонов для гибки на углы $\alpha = 60^\circ$ и $\alpha = 90^\circ$ и с радиусом гибки $r = 4$ мм и $r = 8$ мм.

Образцы – полосы длиной 80 мм, шириной 20 мм, толщиной 2 мм из листовой среднеуглеродистой стали, меди и алюминиевого сплава.

Измерительный инструмент – штангенциркуль, масштабная линейка и угломер с ценой деления 1° .

Основные сведения об операции гибки

Гибка – технологическая операция, посредством которой путем пластического деформирования заготовке придают изогнутую форму различной конфигурации. Заготовкой обычно является полоса или лист.

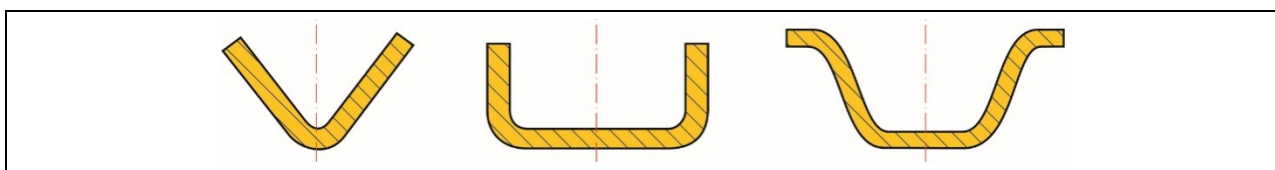


Рис.3.1 Примеры деталей, полученных гибкой.

При изгибе полосы в сечении заготовки можно выделить две зоны: зону растяжения, в которой в тангенциальном направлении действуют растягивающие напряжения σ_θ , и зону сжатия, в которой в тангенциальном направлении действуют сжимающие напряжения σ_θ , в радиальном направлении действуют радиальные сжимающие напряжения σ_ρ . Схема напряженного состояния заготовки при изгибе показана на рис.3.2.

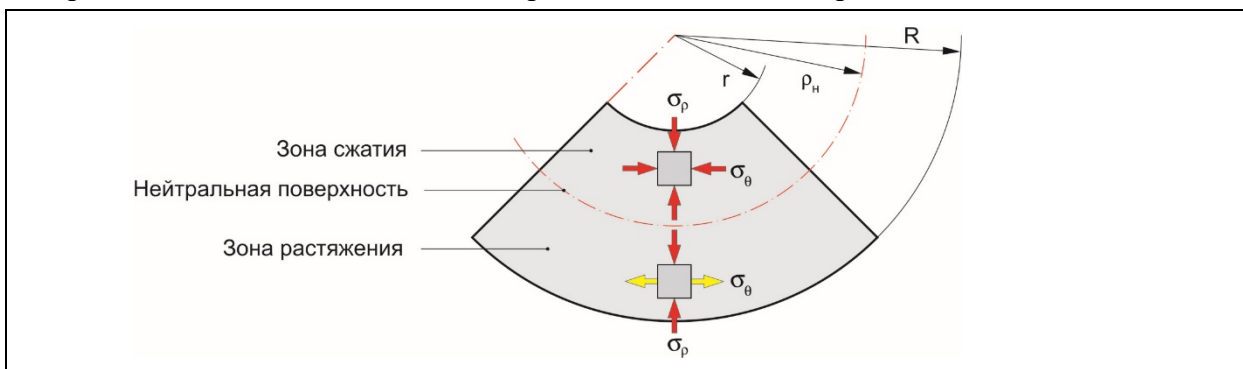


Рис.3.2 Схема напряженного состояния заготовки при изгибе.

Поверхность радиусом ρ_n , разделяющая эти две зоны, называется нейтральной поверхностью. На наружной поверхности радиусом R растягивающие напряжения σ_θ максимальны и убывают к нейтральной поверхности.

На внутренней поверхности радиусом r сжимающие напряжения σ_θ также максимальны и убывают к нейтральной поверхности. На нейтральной поверхности напряжения σ_θ равны нулю. При малой толщине заготовки и значительном радиусе кривизны влиянием радиальных напряжений σ_r пренебрегают.

Радиус нейтральной поверхности определяется формулой:

$$\rho_n = \sqrt{R \cdot r}, \quad (3.1)$$

где R и r соответственно наружный и внутренний радиусы заготовки.

Под действием напряжений слои заготовки получают разную деформацию – в зоне растяжения слои растягиваются, в зоне сжатия – сжимаются. Деформация слоев убывает от внешних поверхностей к нейтральному слою, в котором деформация отсутствует.

Если обозначить длину (по окружности) наружного слоя – L_n , длину внутреннего слоя – L_b , а длину нейтрального волокна – L_o , то степень деформации растяжения наружного волокна будет:

$$\varepsilon_n = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{L_n - L_o}{L_o},$$

а степень деформации сжатия внутреннего волокна:

$$\varepsilon_b = \frac{-\Delta L}{L_o} = -\frac{L_b - L_o}{L_o}, \quad (3.2)$$

где знак «–» указывает на отрицательное изменение размера (уменьшение).

Абсолютная деформация тела, находящегося под нагрузкой, всегда включает в себя упругую деформацию и пластическую деформацию, т.е.

$$\Delta L = \Delta L_y + \Delta L_{пл}$$

После снятия нагрузки упругая деформация исчезает и изменение размеров тела определяется только его пластической (остаточной) деформацией.

В рассматриваемом случае изгиба полосы наружное волокно получило абсолютное удлинение на ΔL , а внутреннее – абсолютное сжатие на ΔL . После снятия внешней нагрузки вследствие исчезновения упругой деформации ΔL_y остаточная деформация волокон будет меньше абсолютной:

$$\Delta L_{пл} = \Delta L - \Delta L_y$$

Это означает, что по сравнению с состоянием нагружения, длина наружного волокна уменьшается, а внутреннего волокна – увеличивается. Это приводит к изменению геометрии согнутой полосы – полоса «распружинивает», увеличивая угол по сравнению с тем, на который она была согнута (рис. 3.3).

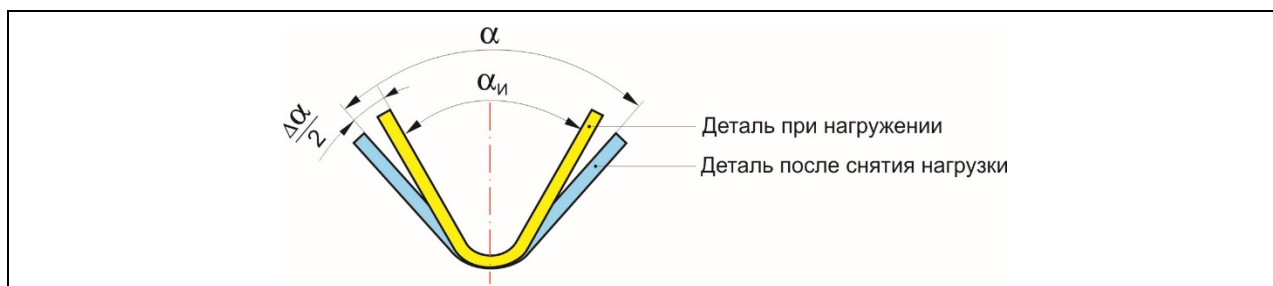


Рис.3.3 Изменение формы детали при гибке.

Угол $\Delta\alpha$, на который деталь распружинивает при гибке, называется углом пружинения.

Его нужно учитывать при проектировании гибочных пуансона и матрицы, для того, чтобы после операции гибки получить деталь с заданным углом α .

$$\alpha_{и} = \alpha - \Delta\alpha, \quad (3.3)$$

где $\alpha_{и}$ – угол инструмента, α - заданный угол детали.

Из формулы видно, что материалы с большим пределом текучести (более прочные) имеют большее пружинение. Цветные сплавы, имеющие значительно меньший по сравнению со сталью модуль упругости, пружинят больше, чем сталь. Угол пружинения возрастает с увеличением относительного радиуса гибки (r/S) и угла гибки α .

Угол пружинения можно уменьшить, если производить гибку с подчеканкой (рис. 3.4, б), т.е. пластически деформировать деталь на ее радиусном участке (гибка в упор пуансоном в матрицу).

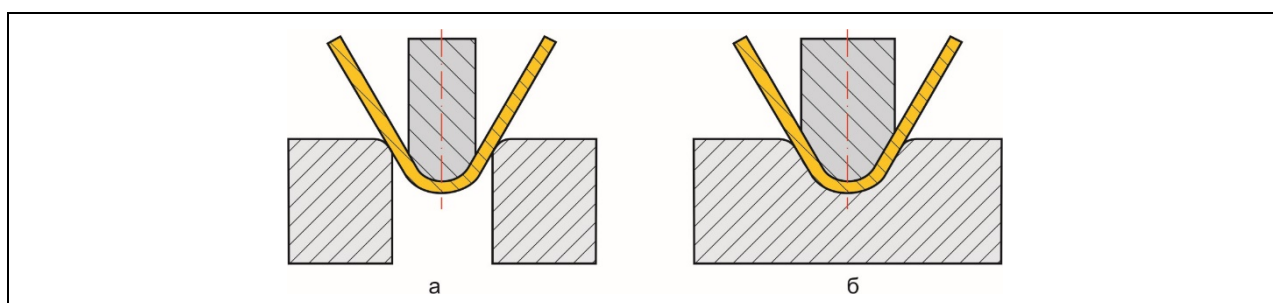


Рис.3.4 Гибка без подчеканки (а) и с подчеканкой (б)

Порядок выполнения работы

1. Выполнить теоретические расчеты

Определить расчетное значение угла пружинения для одного из материалов при разных значениях угла гибки и радиуса гибки.

2. Выполнить экспериментальные работы

2.1 Измерить толщину S и ширину B исходных заготовок.

2.2 Подобрать комплект пуансон-матрица с углом инструмента – 60° и радиусом 4 мм.

2.3 Провести гибку полос из трех материалов.

2.4 Используя угломер, измерить угол деталей и вычислить угол пружинения, как разность углов детали и инструмента.

2.5 Снять пуансон с радиусом 4 мм и установить пуансон с радиусом 8 мм.

2.6 Повторить эксперименты по п.п 3 – 5.

2.7 Снять комплект инструмента и заменить другим – с углом 90° .

2.8 Повторить эксперименты по п.п. 2.3 – 2.6.

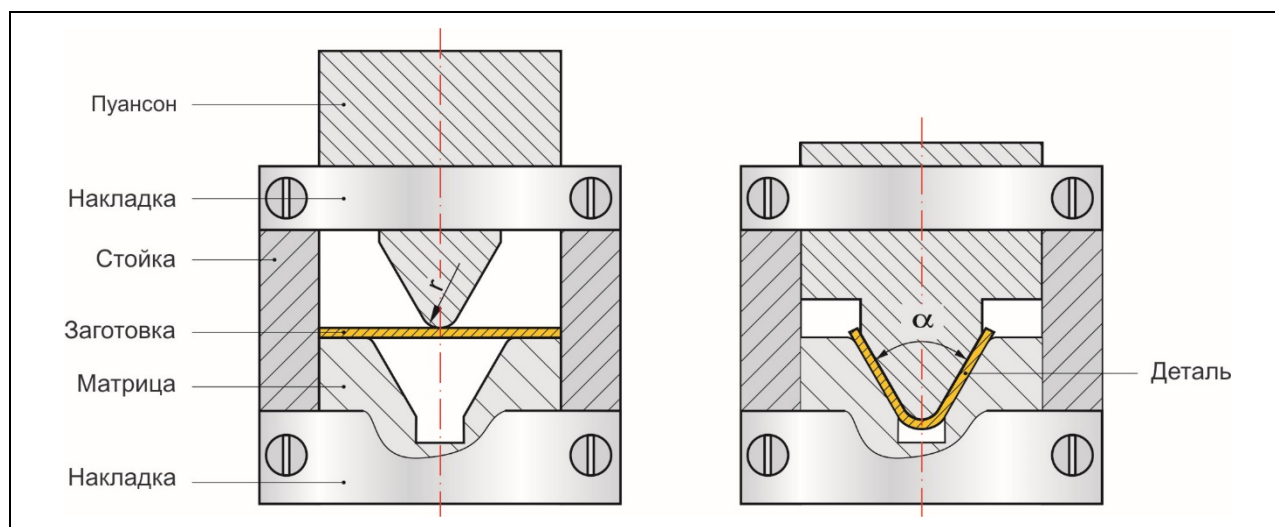


Рис.3.5 Гибка без подчеканки (а) и с подчеканкой (б)

3.Произвести обработку полученных данных

3.1 Сравнить теоретические и фактические значения углов пружинения для разных материалов при одинаковом угле гибки и одинаковом радиусе

3.2 Сравнить углы пружинения для одного и того же материала при одинаковом угле гибки, но разных радиусах гибки

3.3 Сравнить углы пружинения для одного и того же материала при одинаковом радиусе гибки, но разных углах гибки. Результаты экспериментов занести в таблицу.

Исходные, расчетные и экспериментальные данные занести в таблицу.

Материал	B	r	S	$\frac{r}{S}$	$\Delta\alpha$				$\overline{\Delta\alpha_{\text{эксп}}}$ $\Delta\alpha_{\text{расч}}$
					эксперимент		расчет		
					60°	90°	60°	90°	
сталь									
медь									
алюминий									

Выводы:

Лабораторная работа № 4

Технологическая операция отбортовка

Цель работы:

1. Определить предельный коэффициент отбортовки,
2. Усилие и работу деформирования,
3. Утонение стенки у края горловины,
4. Высоту борта при данном коэффициенте отбортовки
5. Сопоставить расчетные параметры отбортовки с экспериментальными.

Оборудование, инструмент, образцы

Оборудование – пресс, номинальной силой 100 Кн.

Инструмент – специальный штамп для отбортовки с матрицей и пуансоном для изготовления борта наружным диаметром 25 мм.

Образцы – круглые заготовки диаметром 60 мм, толщиной 2 мм из листовой малоуглеродистой стали, мягкой отожженной меди или мягких алюминиевых сплавов с пробитыми и сверленными отверстиями диаметром 6, 10 и 15 мм.

Измерительный инструмент – штангенциркуль, микрометр, линза с 5-кратным увеличением, радиусомер.

Основные сведения об отбортовке

Отбортовка – это операция получения горловины в плоской заготовке с предварительно пробитым отверстием.

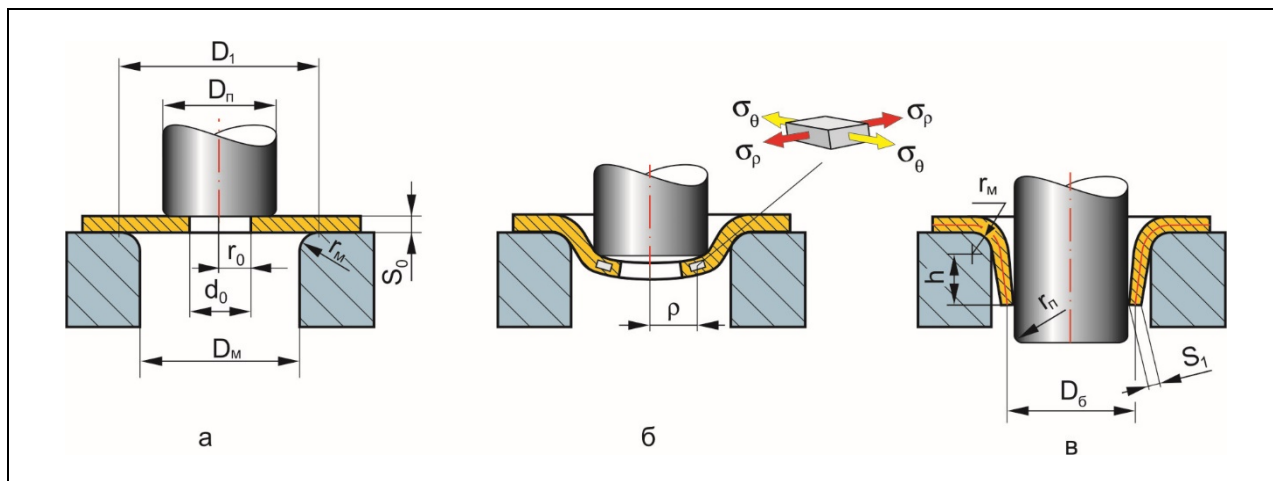


Рис.4.1 Схема формоизменения заготовки в процессе отбортовки

Заготовка с предварительно пробитым в ней отверстием устанавливается на матрицу (рис. 4.1, а). При опускании пуансона ($D_n > d_0$) средняя часть заготовки деформируется, образуя горловину с высотой борта, зависящей от соотношения диаметров D_n и d_0 (рис. 4.1, в).

В очаге деформации действуют растягивающие напряжения – меридиональное σ_r и тангенциальное σ_θ (рис. 4.1, б). Под действием растягивающих напряжений толщина стенки борта уменьшается, причем наибольшее утонение будет происходить на его краевой части (рис. 4.1, в).

Разрушение заготовки в процессе отбортовки (образование трещин) всегда начинается у края горловины, т.к. здесь действуют максимальные растягивающие напряжения и имеют место наибольшие деформации.

Степень формоизменения при отбортовке оценивается коэффициентом отбортовки:

$$m = \frac{d_o}{D_\phi}, \quad (4.1)$$

где d_o – диаметр отверстия в заготовке,

D_ϕ – средний диаметр борта.

Моменту образования трещин соответствует предельный коэффициент отбортовки, который зависит от пластических свойств материала, отношения толщины заготовки S_o к диаметру исходного отверстия d_o (относительная толщина S_o / d_o) и состояния кромки отверстия исходной заготовки. Чем меньше предельный коэффициент отбортовки, тем больший диаметр борта можно получить при данном диаметре исходного отверстия в заготовке.

Если используется заготовка с пробитым отверстием, то существенным является и то, как положить такую заготовку по отношению к матрице. Боковая поверхность пробитого отверстия имеет две характерные зоны – блестящий пояс и шероховатая поверхность скола (см. лабораторную работу «Вырубка»). Шероховатая поверхность скола имеет значительное количество микротрещин, и если она будет обращена к матрице, то предельный коэффициент отбортовки будет больше, чем в случае, когда заготовка ориентирована к матрице блестящим поясом. Поэтому для относительно толстостенных заготовок с пробитым отверстием для получения меньшего предельного коэффициента отбортовки их нужно укладывать на матрицу блестящим поясом вниз.

Размеры отверстия d_o в заготовке могут быть определены через геометрические размеры борта в изделии из равенства длины развертки борта и ширины отбортованной части заготовки:

$$d_o = D_1 - 1,57 \cdot r_m - 0,78 \cdot S_o - 2 \cdot h \quad (4.2)$$

В процессе отбортовки происходит утонение заготовки в горловине. Толщина краевой части горловины определяется по формуле:

$$S_1 = S_o \sqrt{\frac{d_o}{D_\phi}}. \quad (4.3)$$

Максимальная сила отбортовки:

$$P_{\max} = 1,1 \cdot \pi \cdot D_\phi \cdot \left(1 - \frac{d_o}{D_\phi}\right) \cdot S_o \cdot \sigma_T \quad (4.4)$$

где D_ϕ – средний диаметр борта,

d_o – диаметр отверстия,

S_o – толщина заготовки,

σ_T – предел текучести материала.

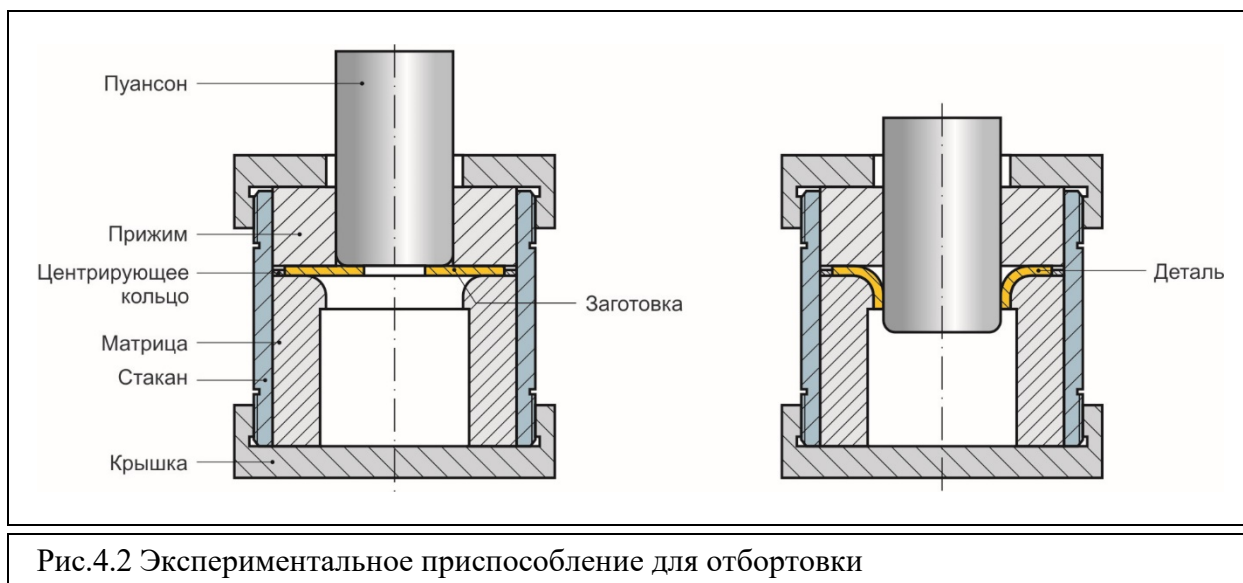
Порядок выполнения работы

1. Выполнить теоретические расчеты

1.1 Для заданного диаметра D_6 определить ряд диаметров d_0 отверстий, принимая коэффициент отбортовки « m » в пределах 0,3 – 0,7.

1.2. Определить ожидаемую минимальную толщину стенки S_1 краевой части борта для разных значений « m ».

1.3 Определить максимальную силу отбортовки P_{\max} для разных значений « m ».



2. Выполнить экспериментальные работы

2.1 Разобрать штамп, сняв пуансон, фланец и прижим.

2.2 Установить в матрицу заготовку с наименьшим диаметром d_0 отверстия, предварительно смазав плоскость и кромку отверстия матрицы машинным маслом.

2.3 Собрать штамп, обеспечив касание прижима и заготовки с минимальным усилием.

2.4 Установить штамп в рабочую зону прессы и произвести отбортовку стакана с записью силы деформирования и перемещения пуансона.

2.5 Разобрать штамп, извлечь деталь.

2.6 Измерить диаметр и высоту борта, толщину S_1 его краевой части.

2.7 Повторить опыты по п.п.2.2 - 2.4, увеличивая диаметр d_0 заготовок до появления трещин в борте. Определить предельный коэффициент вытяжки, соответствующий разрушению детали.

2.8 Повторить опыты по п.п.2.2 - 2.6 для заготовок из другого материала (с другим пределом текучести).

3. Произвести обработку полученных данных

3.1 Используя запись силы и перемещения во времени построить зависимость силы деформирования по ходу вытяжки $P=P(S)$, и сделать вывод о характере этой зависимости, определить работу деформирования.

3.2 Сравнить теоретические и фактические силы вытяжки.

3.3 Сравнить теоретические и фактические значения толщины краевой части борта. Оценить величину утонения стенки борта по сравнению с толщиной исходной заготовки.

3.4 Сравнить предельные коэффициенты отбортовки для разных материалов и сделать выводы о влиянии этого коэффициента на усилие отбортовки.

3.5 Построить графики $P = P(m)$, и $m = P(S_o / d_o)$

Исходные, расчетные и экспериментальные данные занести в таблицу

Материал		d_o	S_o	$\frac{S_o}{d_o}$	$d_{п}$	D_m	$D_{б}$	$h_{б}$	S_1		P_{max}		$\frac{S_{1эксп}}{S_o}$	m
									расч	эксп	расч	эксп		
сталь														
медь														
алюминий														

Выводы:

Лабораторная работа № 5

Технологическая операция обжим

Цель работы:

1. Изучить постадийное формоизменение заготовки при обжиге;
2. Установить влияние угла конусности матрицы на силу деформирования и напряжение σ_{pmax} ;
3. Определить условия, при которых заготовка теряет устойчивость.

Оборудование, инструмент, образцы

Оборудование – гидравлический пресс силой 100 Кн

Инструмент – приспособление для обжима с набором сменных матриц с углами конусности: 20° и 30°.

Измерительный инструмент - штангенциркуль, микрометр, масштабная линейка, угломер.

Образцы - заготовки из трубы с наружным диаметром 30 мм, толщиной стенки 2 мм и длиной 45 мм. Материал - медь или алюминий.

Основные сведения об операции обжима

Операция обжима трубной заготовки заключается в пластическом деформировании концевой части заготовки конической матрицей, в результате чего происходит уменьшение поперечных размеров заготовки. При этом ее концевая часть получает форму конуса или конуса, переходящего в цилиндр, диаметр которого меньше диаметра исходной заготовки (рис. 5.1).

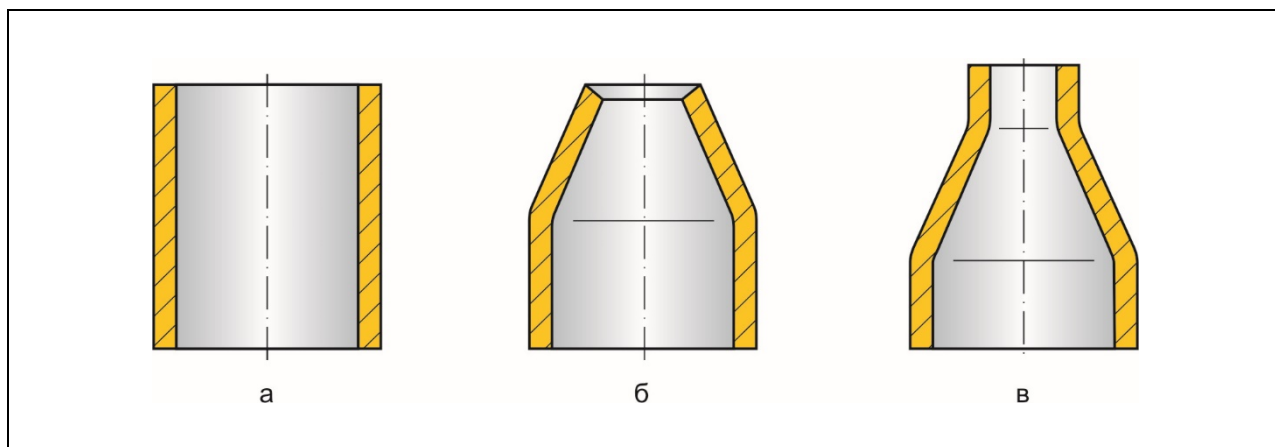
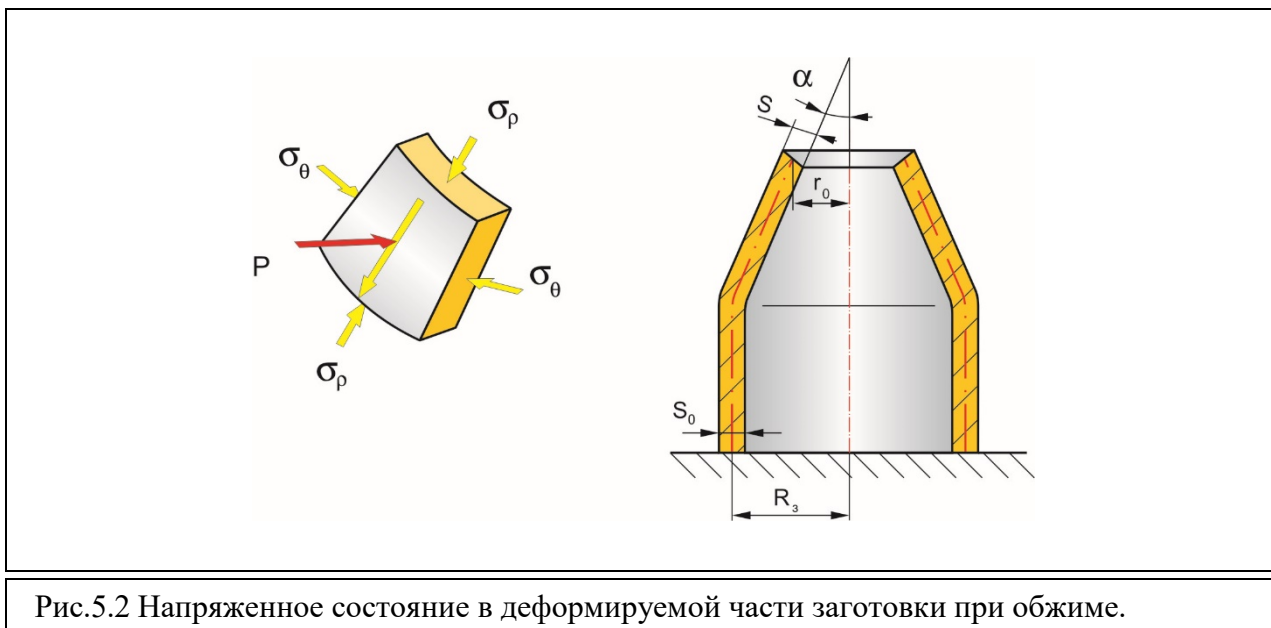


Рис.5.1 а - заготовка, б - обжим на конус, в - обжим на цилиндр

При обжиге заготовка заталкивается в матрицу силой P , перемещаясь относительно нее в осевом направлении. Напряженное состояние в деформируемой части заготовки и обозначения размеров, принятых при расчете операции, показано на рис. 5.2.



Так как размеры стенки заготовки при деформировании уменьшаются, то меридиальные напряжения σ_r и тангенциальные напряжения σ_θ будут сжимающими. Кроме того, на поверхности контакта с матрицей действуют силы трения μP , направленные против движения (μ - коэффициент трения).

Под действием этих сжимающих напряжений толщина стенки конусной части увеличивается по сравнению с толщиной стенки заготовки, начиная от входа в конусную часть и достигая у свободного края максимального значения:

$$S_{\max} = S_0 \sqrt{\frac{R_3}{r_0}}. \quad (5.1)$$

Важным показателем операции обжима является *коэффициент обжима*:

$$K_0 = \frac{D_3}{d_0}, \quad (5.2)$$

где D_3 – диаметр исходной заготовки,
 d_0 - минимальный диаметр после обжима.

Максимальное значение коэффициента обжима определяется возможностью получения качественной детали (отсутствие разрушения и искажения правильной геометрической формы). Для обжима характерно, что предельный коэффициент обжима лимитируется не разрушением детали, а искажением ее формы, которое появляется после достижения определенной величины действующих в стенке напряжений.

Это объясняется тем, что в деформируемой части заготовки имеют место только сжимающие напряжения, а появление трещин и разрушение происходит только под действием растягивающих напряжений, которые в данном случае отсутствуют. Поэтому опасности появления трещин и разрушения при обжиге не возникает.

Фактором, определяющим предельный коэффициент обжима, является появление продольных складок на деформируемой (конической) части заготовки и поперечных кольцевых складок (гофр) на недеформируемой (цилиндрической) части (рис.5.3).

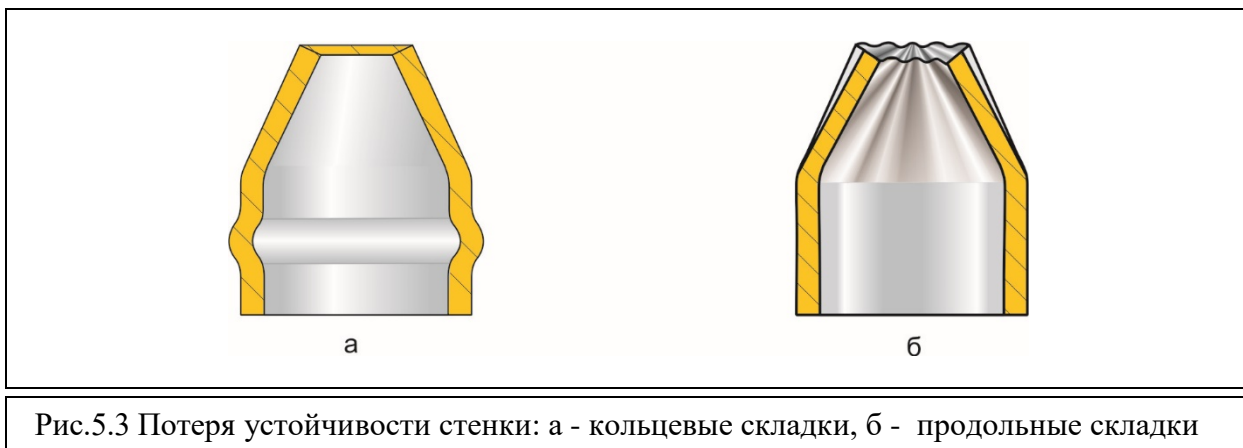


Рис.5.3 Потеря устойчивости стенки: а - кольцевые складки, б - продольные складки

С увеличением напряжений σ_p растет сила деформирования P и при достижении критического значения и соответствующего значения P_{\max} появляются кольцевые складки.

Максимальная величина напряжений $\sigma_{p \max}$ определяется формулой:

$$\sigma_{p \max} = \sigma_s \cdot (1 + \mu \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \cdot \left(1 - \frac{r_0}{R_s}\right) \cdot (3 - 2 \cos \alpha), \quad (5.3)$$

где $\sigma_s \cong \sigma_T$ - напряжение текучести,

μ - коэффициент трения.

Величина максимальных напряжений $\sigma_{p \max}$, вызывающих потерю устойчивости с образованием кольцевых складок во многом зависит от относительной толщины заготовки S/D и при $100 \cdot S/D \geq 2$ может приниматься примерно равной пределу текучести.

Для толстостенных заготовок $\sigma_{p \max} \cong \sigma_T$, тонкостенные заготовки теряют устойчивость раньше, при достижении $\sigma_{p \max} \cong (0,7 - 0,8) \sigma_T$.

Образование продольных складок на конической части заготовки происходит под действием тангенциальных напряжений σ_θ , причем вероятность возникновения этих складок возрастает с уменьшением относительной толщины стенки S/D .

Таким образом, тонкостенные заготовки при прочих равных условиях теряют устойчивость при меньших коэффициентах обжима, чем толстостенные, другими словами, имеют меньший предельный коэффициент обжима, чем толстостенные.

Часто обжим заготовки в конической матрице производится с выходом в цилиндр, в результате чего получается деталь, имеющая на концевой части цилиндрический участок с диаметром, меньшим диаметра исходной заготовки (рис. 5.4).

Особенностью такого процесса является то, что на переходе с конической части в цилиндрическую стенка заготовки изгибается радиусом свободного изгиба R_p и теряет контакт со стенкой матрицы, в результате чего между заготовкой и матрицей образуется зазор Z .

$$2Z = Dd = d_m - d_n = (2R_{p1} - S - 2r_m)(1 - \cos \alpha), \quad (5.4)$$

где $R_{p1} = \sqrt{\frac{S \cdot r_0}{2}} \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$ — радиус свободного изгиба стенки заготовки на выходе из

очага деформации, остальные обозначения указаны на рисунке.

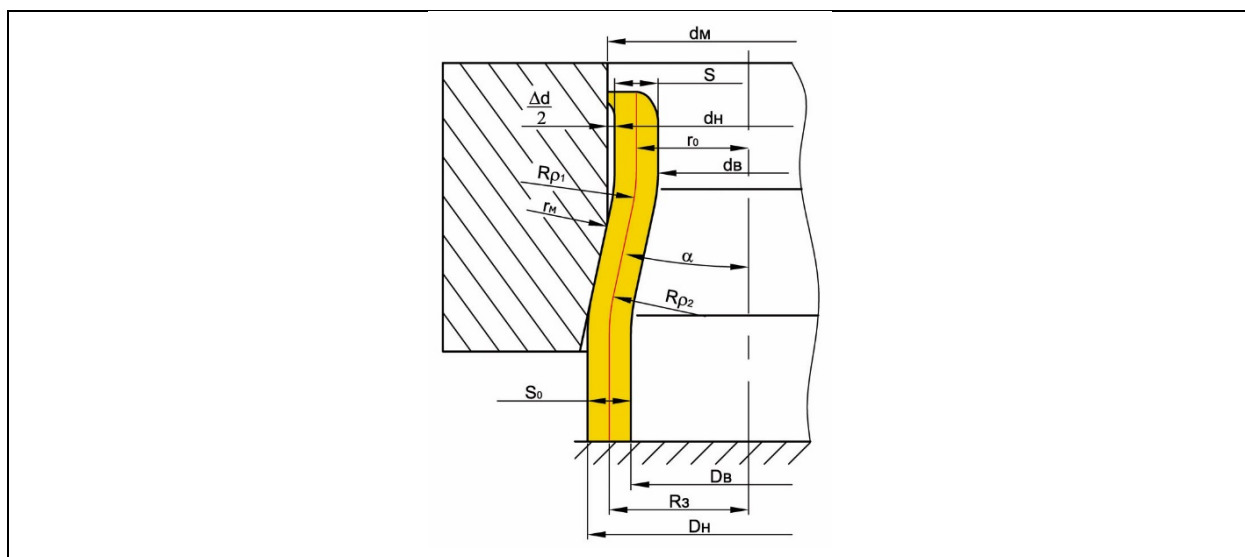


Рис.5.4 Обжим заготовки с выходом в цилиндр

Из формулы 5.3 видно, что на напряжения, а, следовательно, и на силу деформирования влияет угол конуса матрицы. Оптимальная величина угла α , при которой напряжения $\sigma_{p\max}$ и, соответственно, сила деформирования P получаются минимальными, определяется формулой:

$$\sin \alpha_{opt} = \sqrt[3]{\frac{\mu}{2}}, \quad (5.5)$$

где μ - коэффициент трения.

Сила деформирования при обжиме:

$$P_{max} = 2 \cdot \pi \cdot R_z \cdot S_0 \cdot \sigma_{pmax} \quad (5.6)$$

Порядок выполнения работы

1. Выполнить теоретические расчеты

1.1 По формуле 5.5 определить оптимальный угол конуса матрицы.

1.2 По формуле 5.6 определить максимальную силу деформирования, принимая напряжение $\sigma_{p\max} = \sigma_T$.

2. Выполнить экспериментальные работы

2.1 Измерить толщину стенки S_0 и наружный диаметр D_H исходных заготовок

2.2 Установить в приспособление заготовку и сменную матрицу с углом конуса 20° , предварительно смазав наружную поверхность заготовки и внутреннюю полость матрицы машинным маслом.

2.3 Установить экспериментальное приспособление на пресс и провести обжим заготовки, записывая при этом изменение силы деформирования по ходу в координатах "сила-путь". Деформирование производить поэтапно, через каждые 5 мм хода, эскизируя при этом формоизменение заготовки.

2.4 После каждого этапа извлечь заготовку, измерить наружный d_n и внутренний d_v диаметры полученной заготовки и найти толщину стенки S_{\max} . Процесс довести до потери устойчивости стенки. На каждом этапе определить коэффициент обжима.

2.5 Повторить эксперименты по п.п. 2.1 - 2.5, используя матрицу с углом 30° .

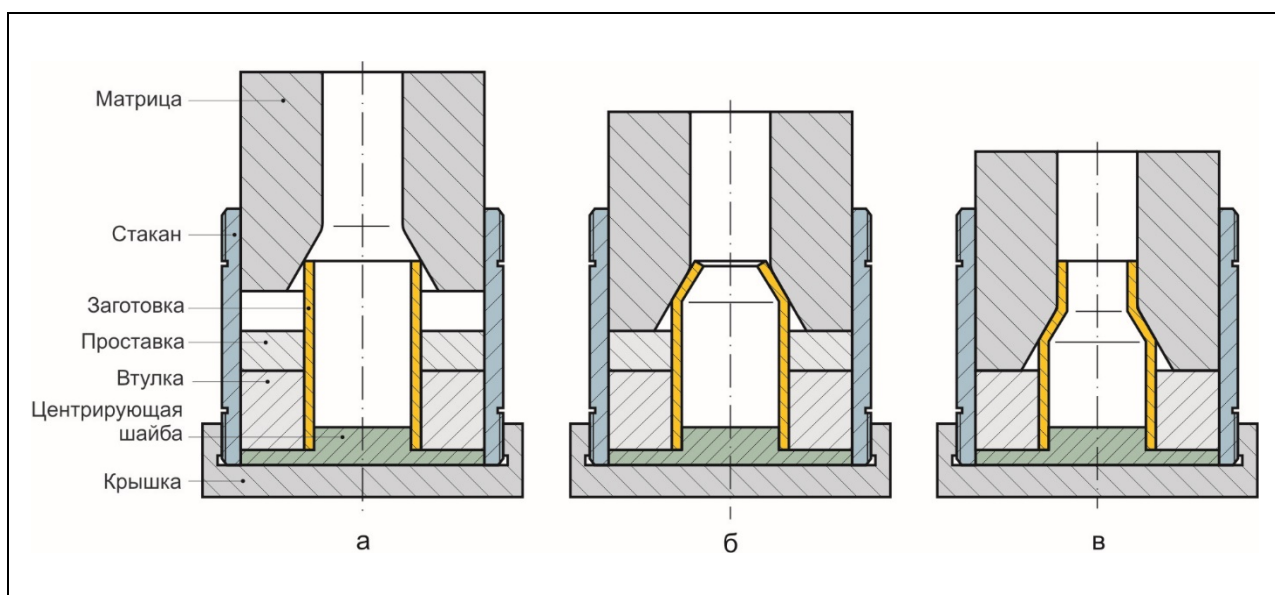


Рис.5.5 Специальное приспособление для обжима

3. Выполнить обработку полученных данных

3.1 По усилию $P_{\text{эксп}}$ в конце каждого этапа деформирования по формуле определить напряжение $\sigma_{\text{рмах}}$ и сравнить с пределом текучести $\sigma_{\text{т}}$.

3.2 Для каждого этапа определить соответствующий коэффициент обжима, а также расчетную толщину стенки и сравнить с экспериментальными значениями.

Исходные, расчетные и экспериментальные данные занести в таблицу.

α°	D_n	S_o	R_z	d_m	$P_{\text{мах}}$ расч	$\sigma_{\text{рмах}}$		d_n	d_v	Δd		$S_{\text{мах}}$		r_o	K_o
						расч	эксп			расч	эксп	расч	эксп		

Выводы:

Лабораторная работа № 6

Технологическая операция раздачи

Цель работы:

1. Изучить формоизменение заготовки при раздаче;
2. Установить влияние степени деформации и величины коэффициента раздачи на силу деформирования и напряжения σ_{pmax} ;
3. Определить предельное значение коэффициента раздачи, при котором образуются продольная трещина на конусной части или кольцевая складка на цилиндрической части заготовки.

Оборудование, инструмент, образцы

Оборудование – гидравлический пресс силой 100 кН.

Инструмент – приспособление для раздачи с набором сменных вставок для ограничения хода на разных стадиях раздачи и коническим пуансоном (угол конусности 20°).

Образцы – заготовки из трубы с наружным диаметром 30 мм, толщиной стенки 1,5 – 2 мм и длиной 48 мм. Материал – медь или алюминий.

Основные сведения об операции раздачи

Операция раздачи трубной заготовки состоит в пластическом деформировании концевой части заготовки коническим пуансоном, в результате чего происходит увеличение ее диамет-ральных размеров. Концевая часть заготовки получает форму усеченного конуса (рис. 6.1).



Рис.6.1 Заготовка (а) и деталь, полученная в результате операции раздачи (б).

При раздаче конический пуансон перемещается относительно заготовки в осевом направлении и внедряется в заготовку, преодолевая ее сопротивление силой деформирования P .

Напряженное состояние в очаге пластической деформации и обозначения размеров, принятых при расчете операции показаны на рис. 6.2.

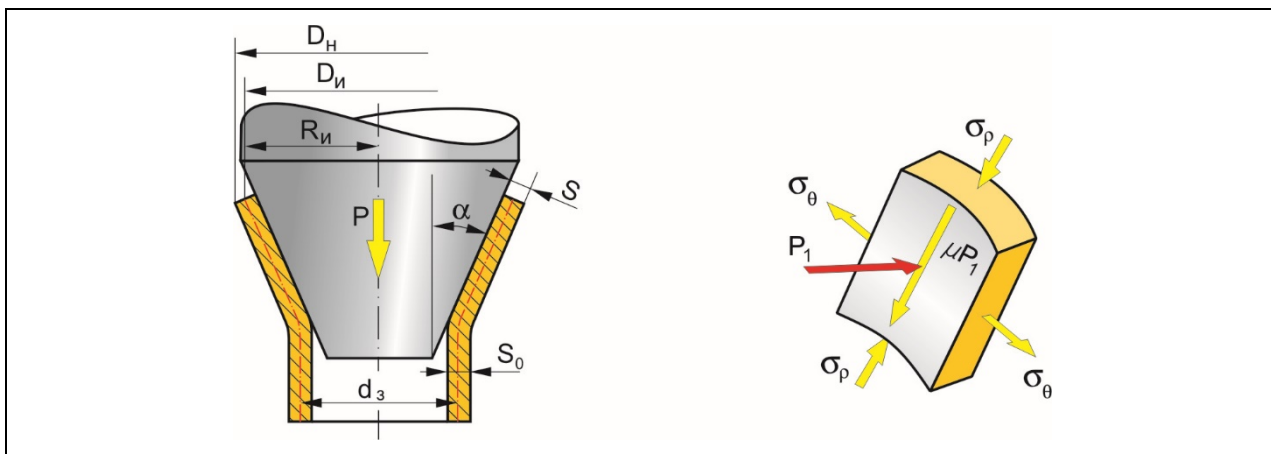


Рис.6.2 Напряжения в заготовке при операции раздачи.

Так как пуансон внедряется в заготовку в осевом направлении, то в стенках возникают меридиональные сжимающие напряжения σ_r , действующие вдоль образующей. На краю (на диаметре D_n), эти напряжения равны нулю, поскольку на свободной поверхности отсутствует деформирующая сила.

Напряжения σ_r увеличиваются по мере приближения к цилиндрической (недеформируемой) части заготовки и достигают максимальных значений в конце очага деформаций на границе с недеформируемой частью заготовки.

Поскольку в процессе деформации увеличиваются диаметральные размеры заготовки, то в стенке возникают растягивающие тангенциальные напряжения σ_θ . Эти напряжения изменяются от максимума на краю конической части с диаметром D_n до минимума на границе перехода от конической части заготовки к цилиндрической.

Таким образом, схема напряженного состояния в очаге деформации плоская разноименная – сжимающие напряжения σ_r и растягивающие напряжения σ_θ .

Кроме того, на контактной поверхности пуансона и заготовки действуют силы трения μP_1 , которые увеличивают сжимающие напряжения σ_r . Применяя различные виды смазок на контактной поверхности, можно уменьшить величину напряжения σ_r .

Предельное формоизменение, т.е. обеспечение максимального диаметра D_n ограничивается появлением разрушения (трещин) на конической части заготовки (рис. 6.3,а) или потерей устойчивости стенки на цилиндрической части с появлением кольцевых складок (рис. 6.3, б).

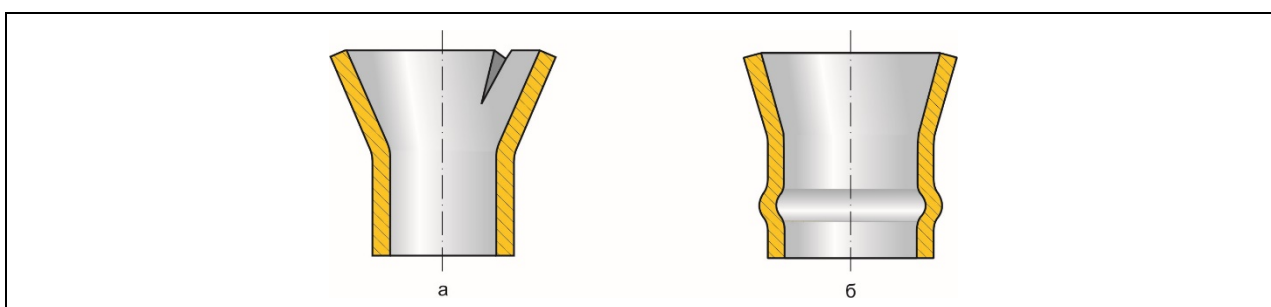


Рис.6.3 Проявление разрушений при раздаче

Трещина появляется за счет действия растягивающих тангенциальных напряжений, которые на краю заготовки достигают напряжения текучести σ_s .

Кольцевая складка появляется за счет действия сжимающих меридиональных напряжений, которые могут достигнуть предела текучести σ_T . Это может произойти, если коэффициент трения на контактной поверхности достаточно велик ($\mu = 0,3-0,5$), а также когда угол конуса α больше оптимального (равного $15^\circ - 25^\circ$), например, $\alpha = 40^\circ - 45^\circ$ и более.

Коэффициент раздачи определяется отношением диаметра краевой части заготовки после деформирования D_u к диаметру исходной заготовки d_3 .

$$K_p = \frac{D_u}{d_3}. \quad (6.1)$$

Обычно предельный коэффициент раздачи составляет $1,3 - 1,4$. Этот коэффициент тем больше, чем пластичнее материал, больше относительная толщина стенки S_o/r_3 , больше угол конуса α .

В процессе деформирования толщина стенки краевой части заготовки уменьшается за счет растяжения и в конечный момент деформирования ее величину можно определить по формуле:

$$S = S_o \sqrt{\frac{r_3}{R_u}} \quad (6.2)$$

Максимальное меридиональное напряжение, действующее на границе деформируемой и недеформируемой части заготовки, определяется формулой:

$$\sigma_{\rho \max} = \sigma_s \cdot (1 + \mu \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \cdot \left(\frac{R_u}{r_3} - 1\right) \cdot (3 - 2 \cdot \cos \alpha) \cdot \frac{1}{2} \left(1 + \frac{r_3}{R_u}\right) \quad (6.3)$$

Напряжение текучести σ_s можно определить по формуле:

$$\sigma_s = \sigma_T \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{R_u}{r_3}\right), \quad (6.4)$$

где σ_T - предел текучести материала.

Как видно из формул, напряжение $\sigma_{\rho \max}$ возрастает с увеличением коэффициента раздачи, коэффициента трения и зависит от угла конуса.

Оптимальный угол $\alpha_{\text{опт}}$, при котором напряжение $\sigma_{\rho \max}$ имеет минимальную величину, составляет приблизительно $15^\circ - 25^\circ$.

Максимальная сила деформирования при раздаче:

$$P_{\max} = 2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot S_o \cdot \sigma_{\rho \max} \quad (6.5)$$

Раздачу производят на трубных заготовках из меди или алюминия коническим пуансоном с углом конусности 20° , в качестве смазки используют машинное масло. В процессе раздачи записывают индикаторную диаграмму нагружения в координатах «сила – перемещение», постадийно, через каждые 5 мм, фиксируя силу деформирования в конце каждой стадии.

Измеряют наружный диаметр D_n и толщину S для каждой стадии, останавливая процесс, проводя соответствующие измерения и фиксируя силу деформирования.

Находят максимальный диаметр при раздаче, при котором появляется продольная трещина. Соответствующий коэффициент раздачи является предельным.

Экспериментальные значения толщины стенки заготовки после раздачи и напряжения σ_{pmax} сравнивают с расчетными. Величину коэффициента трения рекомендуется принимать $\mu=0,15$, предел текучести σ_T - по справочной литературе для испытываемого материала.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить экспериментальные работы

1.1 Измерить толщину стенки S_0 и наружный диаметр d_n исходной заготовки.

1.2 Установить в экспериментальное приспособление заготовку и полный комплект сменных вставок, предварительно смазав внутреннюю поверхность заготовки и поверхность пуансона машинным маслом.

1.3 Установить приспособление в пресс и провести раздачу заготовки до упора направляющей в верхнюю вставку, записывая при этом силу деформирования и перемещение. Зафиксировать конечные значения силы и перемещения.

1.4 Извлечь заготовку, измерить наружный диаметр D_n , толщину стенки краевой части заготовки S и высоту заготовки H_1 .

1.5 Повторить этапы 1.2 – 1.4, последовательно снимая сменные вставки. На каждом из этапов записывать силу и перемещение, а также производить измерения по п.1.4.

1.6 Установить предельное формоизменение при раздаче, соответствующее появлению трещины и зафиксировать соответствующие силовые и геометрические параметры.

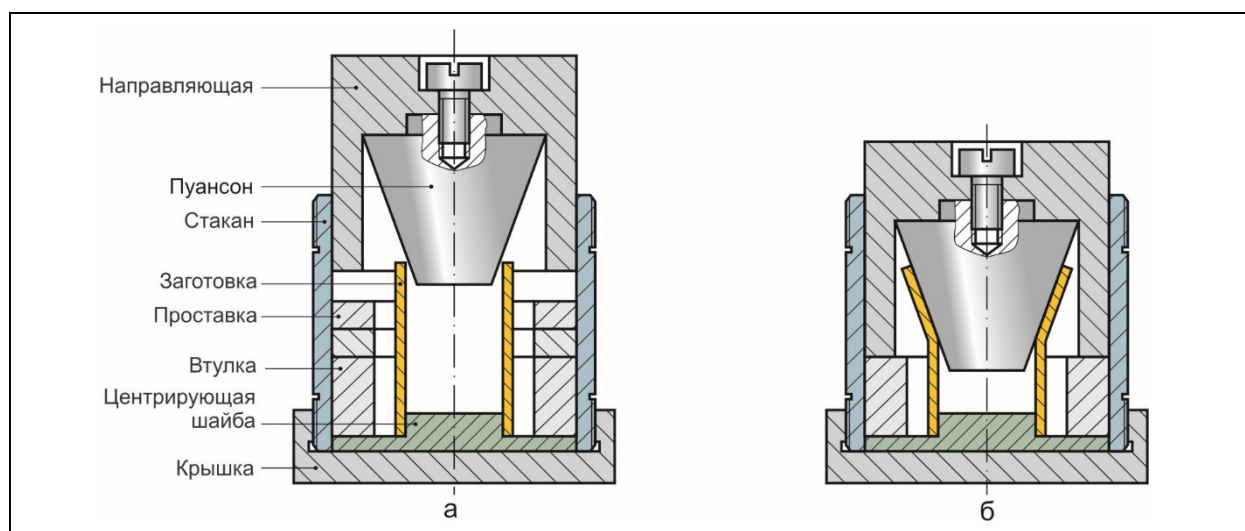


Рис.6.4 Специальное приспособление для раздачи

2. Выполнить теоретические расчеты по формулам

2.1 Определить коэффициент раздачи для каждого этапа деформирования.

2.2 Найти расчетное значение толщины стенки краевой части заготовки.

2.3 Установить экспериментальное значение напряжения, используя полученное при эксперименте значение силы P_{max} .

2.4 Найти расчетное значение напряжения.

Размеры заготовки, результаты расчетов и экспериментов занести в таблицу, дать оценку изменения толщины стенки заготовки и напряжений в функции коэффициента раздачи.

№ этапа	Заготовка					Эксперимент						Расчет		K	$\sigma_{pmax},$ p $\frac{\sigma_{pmax},}{\varepsilon}$	S_p S_ε
	d_n	S_o	d_3	r_3	H_o	P_{max}	$\sigma_{pmax},$ ε	D_n	S_ε	$R_{и}$	H	$\sigma_{pmax},$ p	S_p			

Выводы:

Лабораторная работа № 7

Технологическая операция осадка

Цель работы:

1. Установить зависимость между напряжениями и деформациями при осадке цилиндрического образца;
2. Установить зависимость твердости материала от степени деформации;
3. Оценить степень упрочнения (наклепа) материала.

Оборудование, инструмент, образцы

Оборудование – пресс, номинальной силой 100 кН.

Инструмент – экспериментальное приспособление для штамповки (из работы № 8).

Образцы – отожженные цилиндрические образцы из малоуглеродистой стали, диаметром 15 мм, высотой 25 мм.

Измерительный инструмент – штангенциркуль, масштабная линейка, твердомер Бринелля.

Основные сведения

Осадка – операция обработки давлением, при которой заготовка сжимается между параллельными плитами, в результате чего высота заготовки уменьшается, а ее поперечные размеры увеличиваются (рис.7.1).

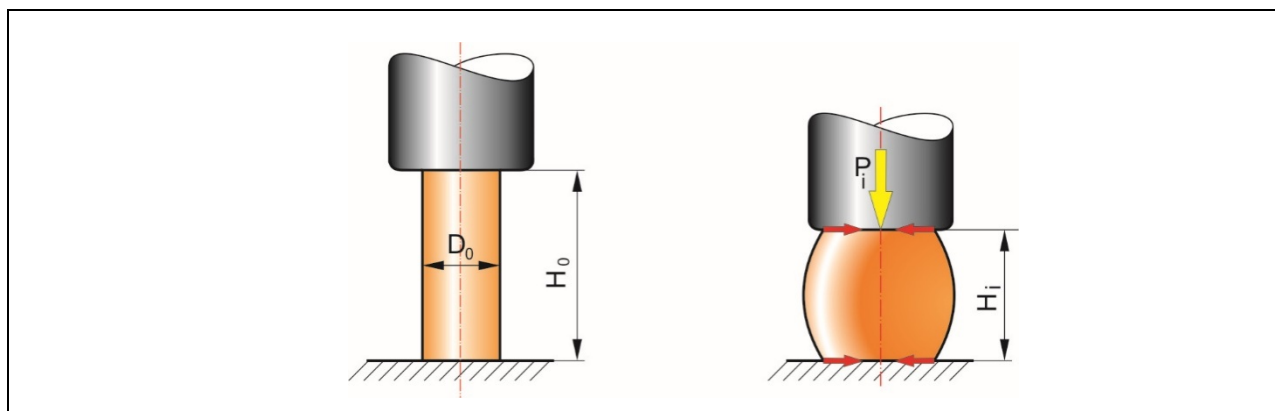


Рис.7.1 Деформирование заготовки в результате осадки

На рисунке показана исходная цилиндрическая заготовка диаметром D_0 и высотой H_0 (рис.7.1, а) и промежуточная стадия осадки, когда высота заготовки уменьшилась до значения H_1 (рис.7.1, б). На заготовку действует деформирующая сила P_1 и силы трения на контактных поверхностях заготовки и инструмента (плит).

Силы трения сдерживают течение металла в радиальном направлении, в связи с чем радиальная деформация слоев, примыкающих к контактной поверхности, будет меньше, чем слоев в средней части заготовки. В результате исходная цилиндрическая форма заготовки искажается, приобретая бочкообразность. Бочкообразность зависит от величины сил трения.

При хорошей смазке контактных поверхностей (малые силы трения) бочкообразность невелика.

В процессе осадки заготовка проходит две стадии деформирования.

Деформация может быть упругая (исчезающая после снятия нагрузки) и пластическая (остающаяся после снятия нагрузки). При увеличении нагрузки упругая деформация переходит в пластическую. Пластическая деформация при осадке образца под действием внешней силы P_i количественно может быть определена величиной степени деформации, которая рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{H_0 - H_i}{H_0}; \quad (7.1)$$

где H_0 – начальная высота образца (заготовки);

H_i – высота образца после его деформации под действием силы P_i

Способность материалов необратимо деформироваться без разрушения под действием внешних сил называют пластичностью. Пластичность является основным фактором, определяющим возможность формоизменения заготовки обработкой давлением. Пластичность материала количественно может быть определена максимальной степенью деформации (ε_{\max}), выше которой металл разрушается. Например, при осадке образца

$$\varepsilon_{\max} = \frac{H_0 - H_k}{H_0}; \quad (7.2)$$

где H_k – минимальная высота образца, при которой начинается его разрушение.

Сопротивление деформированию оценивают величиной удельной силы (напряжения), вызывающей пластическую деформацию заготовки. Сопротивление деформированию материала количественно определяется величиной напряжения

$$\sigma_{\max} = \frac{P_i}{S_i}, \quad (7.3)$$

где S_i – площадь поперечного сечения образца, образовавшаяся после осадки под действием силы P_i

Пластичность и сопротивление деформированию существенно зависят от температуры. С увеличением температуры заготовки пластичность увеличивается, а сопротивление деформированию уменьшается. Кроме того, на значение сопротивления деформированию заготовки значительное влияние оказывает величина степени деформации.

Основные конструкционные материалы (сталь, цветные металлы и их сплавы) являются поликристаллическими телами, т.е. состоят из множества кристаллитов (зерен). Процесс пластического деформирования сопровождается изменением не только формы заготовки, но и структуры материала. В результате пластической деформации изменяется атомно-кристаллическое строение металла, форма, размеры и ориентация зерен, вследствие чего изменяются и его физико-механические свойства.

С увеличением степени деформации увеличиваются все показатели сопротивления деформированию: пределы упругости, текучести, прочности и твердости металла. Одновременно снижаются показатели пластичности, относительное удлинение и ударная вязкость (см. рис. 7.2)

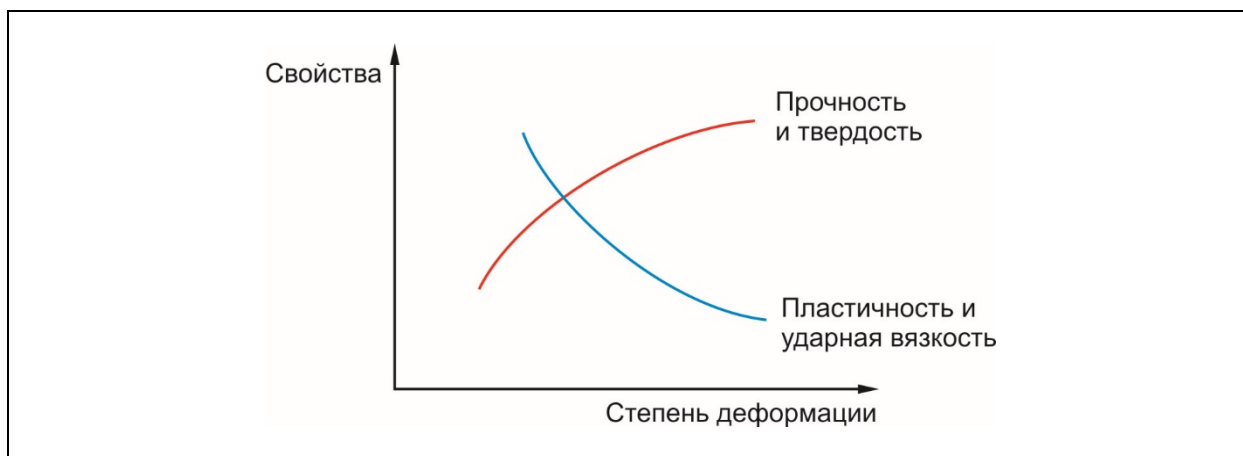


Рис.7.2 Деформирование заготовки в результате осадки

Это явление изменения свойств в результате холодной деформации получило название *наклепа* или *упрочнения*. Состояние наклепа металла термодинамически неустойчиво, из которого он стремится перейти в более устойчивое. Процесс восстановления свойств активизируется при нагреве.

Повышение температуры заготовки увеличивает подвижность атомов, которые получают возможность перестроения. Вместо вытянутых зерен, которые получились при холодной деформации, образуются равноосные зерна. Это явление называется *рекристаллизацией*, в результате которой наклеп практически полностью снимается и свойства материала приближаются к исходным значениям.

В зависимости от соотношения температурно-скоростных условий деформирования и температуры рекристаллизации металла заготовки различают холодную и горячую деформации.

Холодной деформацией называют такую, которую проводят при температуре ниже температуры рекристаллизации, равной $T_{рек} \approx 0,4 T_{пл}$. Поэтому холодная деформация сопровождается наклепом (упрочнением) заготовки.

Деформацию называют горячей в том случае, если ее проводят при температурах выше температуры рекристаллизации. При горячей деформации проходят процессы разупрочнения и рекристаллизации. По окончании горячей деформации упрочнение в заготовке отсутствует.

При горячей деформации заготовок сопротивление деформированию примерно в 10 раз меньше, чем при холодной. Пластичность металла возрастает при нагреве, поэтому горячую обработку давлением применяют для изготовления крупных заготовок и при деформировании высокопрочных малопластичных материалов.

Величина наклепа или его отсутствие может быть определена различными методами, наиболее простым из которых являются неразрушающие испытания на твердость.

Твердость – это способность материала сопротивляться внедрению в него другого, недеформирующегося тела. Значение твердости и ее размерность для одного и того же материала зависят от применяемого метода измерения. Твердость по Бринеллю (НВ) определяют на твердомере (см. рис. 7.3)

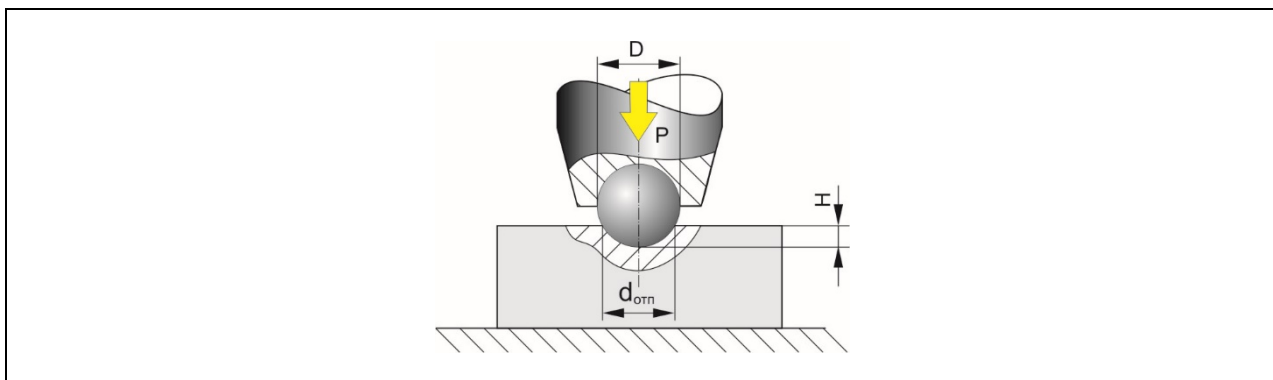


Рис.7.3 Измерение твердости по Бринеллю

Твердость по методу Бринелля (ГОСТ 9012-59) измеряют вдавливанием в испытываемый образец стального шарика определенного диаметра D под действием заданной нагрузки P в течение определенного времени. В результате вдавливания шарика на поверхности образца получается отпечаток (лунка). Число твердости по Бринеллю, обозначаемое HB, представляет собой отношение нагрузки P к площади поверхности сферического отпечатка и измеряется в МПа. Так как глубину отпечатка H измерить трудно, а проще измерить диаметр отпечатка $d_{отп}$, H выражают через диаметр шарика D и отпечатка $d_{отп}$.

Для этого производят поэтапную осадку образца, фиксируя на каждом этапе по показаниям датчика силы величину силы деформирования P_i и замеряя высоту образца H_i . На каждом этапе производят также замер твердости образца на твердомере Бринеля – HB_i.

Значение силы на каждом этапе используют для расчета напряжения σ (по формуле 7.3), а по начальной и текущей высоте образца определяют степень деформации ε (по формуле 7.1).

Порядок выполнения работы

1. Выполнить экспериментальные работы

- 1.1 Установить на пресс приспособление для штамповки (в сборе).
- 1.2 Установить на приспособление предварительно отожженный образец.
- 1.3 Произвести 1 стадию осадки образца (5 мм), отметить конечную силу P_1 деформирования на этой стадии.
- 1.4 Снять образец, замерить его высоту H_1 и диаметры по торцу и в середине.
- 1.5 Произвести замер твердости HB₁ образца на твердомере Бринелля.
- 1.6 Произвести 2 стадию осадки образца, дополнительно осадив его на 5 мм, и выполнить п.п. 1.3 - 1.5.
- 1.7 Последовательно выполнять постадийную осадку образца до значения конечной силы деформирования $P = 100$ кН.
- 1.8 Один образец непрерывно осадить до конечной силы 100 кН с записью силы и перемещения.

Экспериментальные данные занести в таблицу

Марка материала	№ осадки	H_0 мм	P_i Н	H_i мм	ε %	S_i мм ²	σ МПа	$d_{отп}$ мм	НВ

Произвести обработку полученных данных

2.1 Используя запись силы и перемещения построить зависимость силы деформирования по ходу осадки $P=f(S)$ и сделать вывод о характере этой зависимости, определить работу деформирования.

2.2 Используя данные о начальной высоте образца и его текущей высоте на каждой стадии осадки, определить соответствующую степень деформации.

2.3 Используя данные о силе и средней площади сечения образца на каждой стадии осадки, определить соответствующие напряжения.

2.4 По величине отпечатков на образце определить соответствующую твердость на каждой стадии осадки.

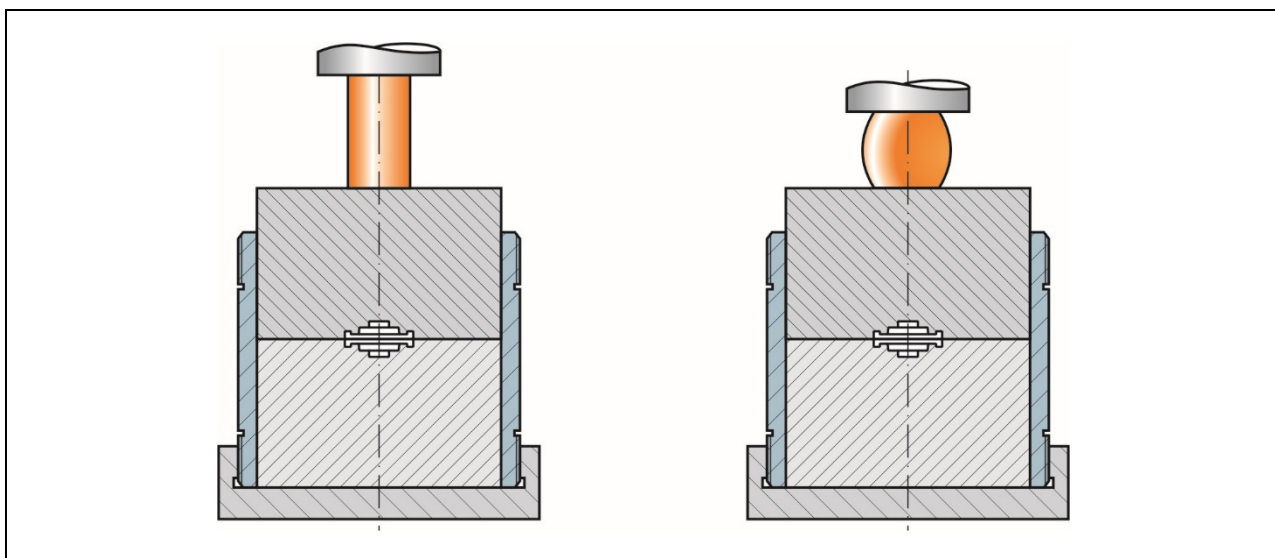


Рис.7.4 Приспособление для операции осадки

Выводы:

Лабораторная работа № 8

Технологическая операция объемная штамповка

Цель работы:

1. Изучить технологию объемной штамповки в открытом штампе,
2. Экспериментально наблюдать последовательное формоизменение заготовки,
3. Определить объем и размеры заготовки, силу штамповки и напряжение текучести на разных стадиях ее деформирования.

Оборудование, инструмент, образцы

Оборудование – пресс, номинальной силой 100 Кн.

Инструмент – экспериментальное приспособление для открытой штамповки.

Образцы – заготовки диаметром 8 мм, высотой 10,5 мм из алюминиевого сплава. АД0

Измерительный инструмент – штангенциркуль, микрометр.

Основные сведения об операции объемной штамповки

Объемная штамповка – это вид обработки давлением, при котором пластическое деформирование металла осуществляется в специальном инструменте - штампе.

Из различных схем штамповки наиболее часто применяют схему, при которой штамп состоит из двух частей, а плоскость разъема между ними – горизонтальная. Такие штампы называют открытыми.

Верхняя половина штампа обычно закрепляется на подвижной части штамповочного оборудования (ползун прессы, баба молота), а нижняя - на неподвижной (стол прессы, шабот молота). В каждой из частей штампа выполнены углубления, которые в сомкнутом состоянии образуют полость (ручей), соответствующую форме получаемого изделия – поковке.

На рисунке 8.1, а показано исходное (раскрытое) положение штампа, на рис. 8.1, б – промежуточная стадия штамповки при деформации заготовки на величину h_1 .

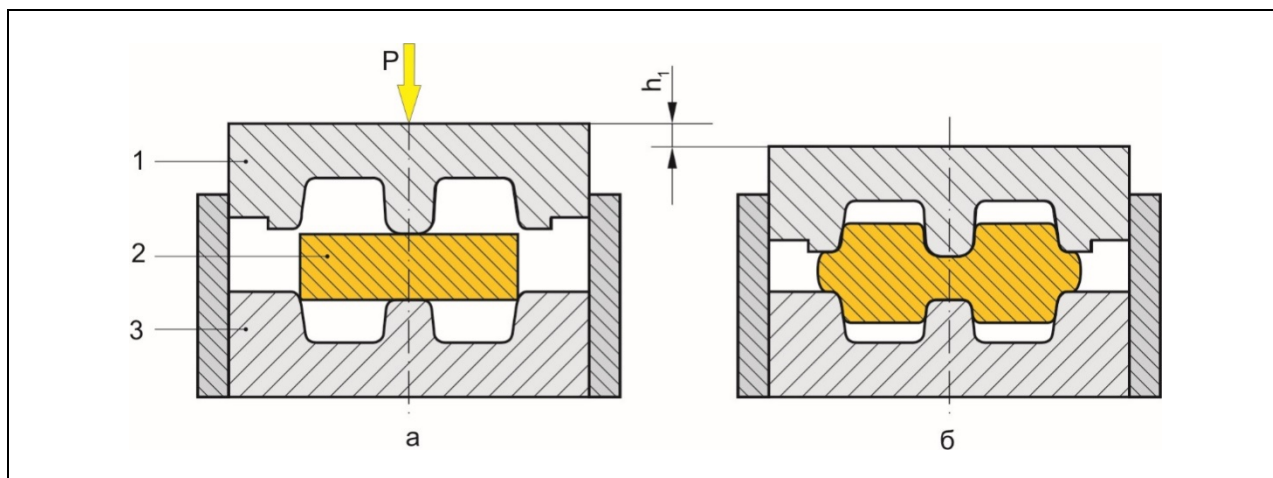


Рис.8.1 Открытый штамп: первый этап штамповки.

В качестве исходных заготовок для объемной штамповки в большинстве случаев используют прокат круглого или квадратного сечения. В кузнечно-штамповочные цехи прокат поступает в виде прутков длиной 4...6 м. Прутки нужного диаметра (или стороны квадрата) разрезают на штучные заготовки требуемой длины (требуемого объема). Перед горячей объемной штамповкой заготовки нагревают в газовых печах или электронагревательных установках до температуры штамповки (для стали - около 1200 °С) и затем штампуют на прессах, молотах или другом штамповочном оборудовании.

Заготовку **2** устанавливают в нижнюю половину штампа **3**. При опускании верхней половины **2** под действием силы P происходит пластическое деформирование заготовки и металл заполняет полость штампа.

Процесс заполнения штампа можно расчленить на три характерных этапа.

Первый этап (рис.8.1) аналогичен процессу свободной осадки, которая сопровождается частичным выдавливанием металла в углубления штампа или прошивкой с образование выемок в поковке. Он завершается, когда боковая поверхность заготовки соприкасается по периметру со стенками полости штампа.

Второй этап штамповки (рис. 8.2) характеризуется одновременным течением металла в полость штампа и частично в зазор между половинками штампа (в облойную канавку, опоясывающую внешний контур ручья).

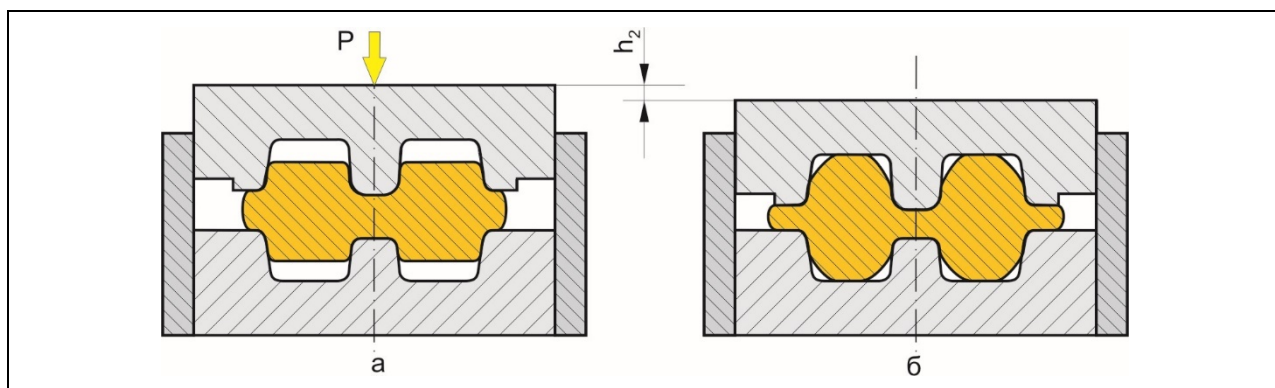


Рис.8.2 Второй этап штамповки.

С уменьшением зазора между половинками штампа сопротивление истечению металла в облой возрастает и металл заполняет полость штампа. В результате в конце второго этапа полость штампа оказывается почти полностью заполненной металлом. При этом половинки штампа еще не полностью сомкнуты и высота поковки несколько превышает заданную.

Третий этап - этап доштамповки (рис.8.3) - заключается в вытеснении излишков металла из полости штампа в облой **2**. При полном смыкании верхней и нижней половин штампа получают поковку **1** заданной высоты.

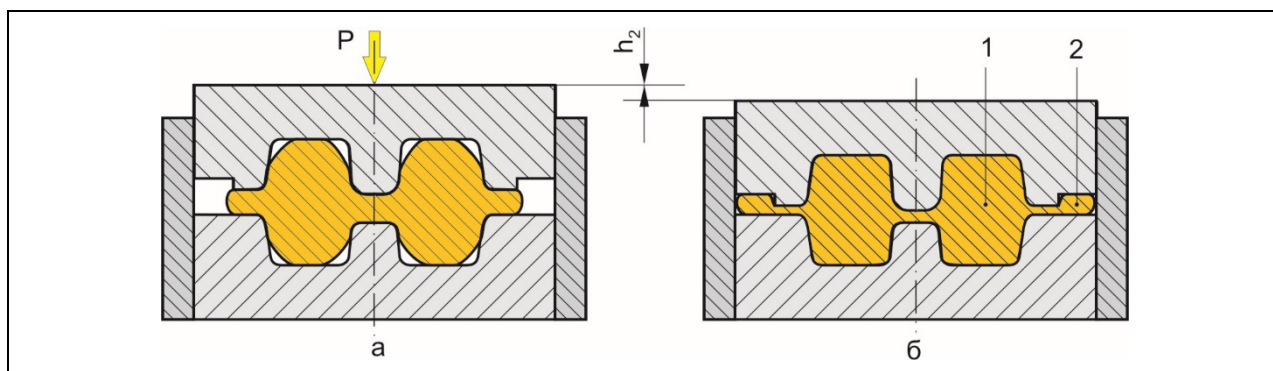


Рис.8.3 Третий этап штамповки.

Сила деформирования P на первом и втором этапах заполнения штампа увеличивается плавно, а на третьем этапе при до штамповке резко возрастает до максимального значения (рис.8.4).

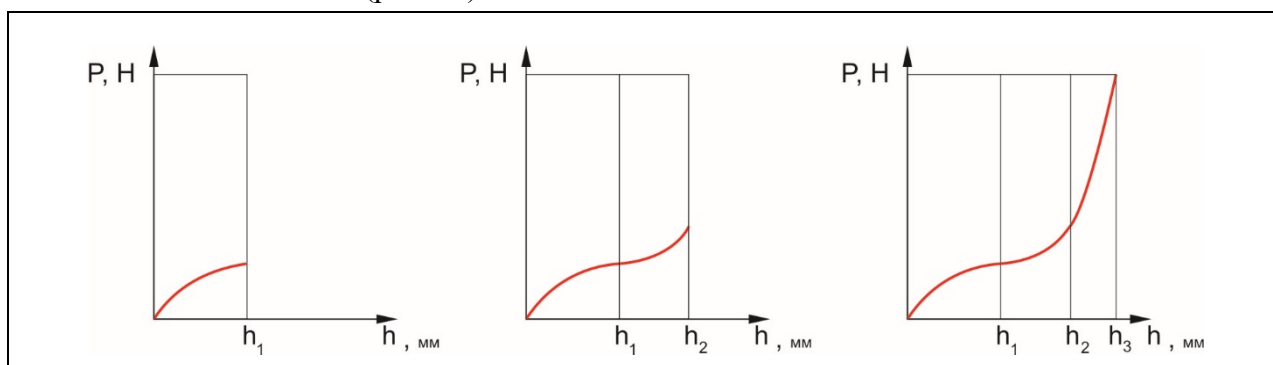


Рис.8.4 Третий период штамповки.

Сила деформирования зависит от предела текучести штампуемого материала, а также от размеров поковки и облоя.

Облой в процессе открытой штамповки играет положительную роль. Он замыкает полость штампа на поверхности разреза и обеспечивает в полости штампа давление, необходимое для ее полного заполнения металлом. Кроме того, облой воспринимает излишек металла, предусмотренный в заготовке для гарантированного заполнения штампа и компенсации колебаний объема заготовок. Масса облоя составляет в серийном производстве в среднем 16-20 % от массы поковки.

После штамповки облой обрезают в специальных обрезных штампах на прессах. Схема обрезки облоя показана на рис. 8.5, где 1 - пуансон, 2 - поковка, 3 - матрица.

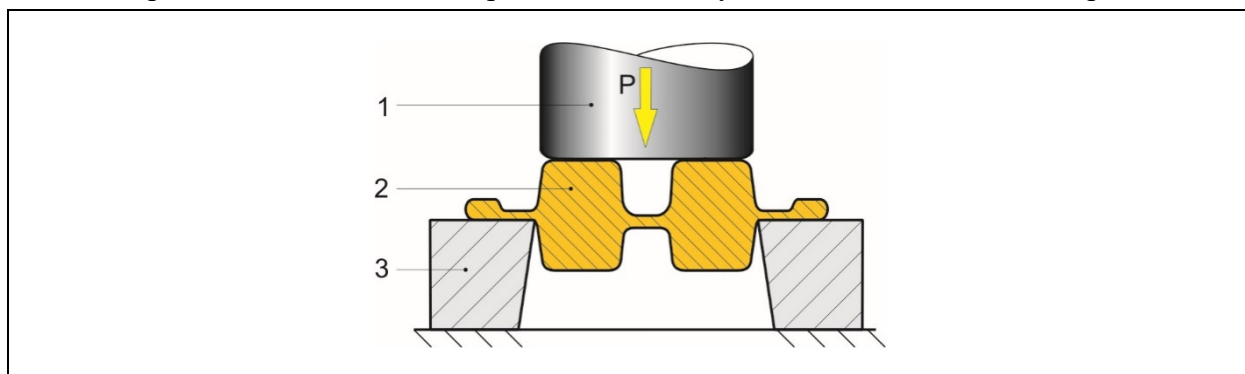


Рис.8.5 Схема обрезки облоя.

При объемной штамповке в большинстве случаев нельзя сразу получить сквозные отверстия в поковках. Поэтому обычно делают наметку с перемычкой толщиной не менее 4 мм. При более тонкой перемычке резко возрастают удельные силы на выступах штампов, что приводит к их преждевременному износу.

На поверхности поковок, для которых горячая объемная штамповка не обеспечивает требуемые точность размеров и шероховатость поверхности, назначают дополнительный слой металла (припуск) на последующую обработку резанием. Кроме того, назначают допуски на размеры поковок, которые учитывают возможную не доштамповку по высоте, износ ручьев штампов, сдвиг штампов и другие факторы. Припуски и допуски назначают в соответствии с ГОСТ7505-89.

Если отдельные элементы поковки нельзя (или затруднительно) получить штамповкой, на соответствующих участках поковки делают напуск для упрощения ее формы. В частности, на отверстия диаметром менее 30 мм устанавливают напуск, так как стойкость выступа для получения наметки в этом случае будет очень мала, и такие отверстия целесообразней получать сверлением. Впоследствии напуск, как и припуск, удаляют обработкой резанием. После разработки чертежа поковки рассчитывают объем исходной заготовки по формуле

$$U_{\text{заг}} = U_{\text{н}} + U_{\text{об}} + U_{\text{уг}}, \quad (8.1)$$

где $U_{\text{н}}$ - объем поковки, определяемый по чертежу поковки; $U_{\text{об}}$ - объем облоя (при выполнении практической работы можно принять равным 18% от объема поковки $U_{\text{н}}$); $U_{\text{уг}}$ - объем металла, идущего на угар при нагреве заготовок (при нагреве в газовой печи составляет 2%, а при электронагреве - 1% от объема поковки).

Для избежания продольного изгиба заготовки при штамповке необходимо, чтобы отношение высоты к диаметру заготовки K было менее 2,5. Обычно принимают $K = (1,8...2,2)$.

Зная объем заготовки и назначив K , определяют диаметр заготовки:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4U_{\text{заг}}}{\pi K}} \quad (8.2)$$

Силу штамповки можно определить по формуле:

$$P = \sigma_s \cdot F, \quad (8.3)$$

где σ_s – напряжение текучести,

F – площадь проекции поковки в плане включая облой

Порядок выполнения работы

1. Выполнить теоретические расчеты

1.1 По заданным размерам поковки определить объем поковки, объем и размеры заготовки

1.2 Определить силу штамповки в предположении, что напряжение текучести в конечный момент равно пределу текучести ($\sigma_s = \sigma_T$)

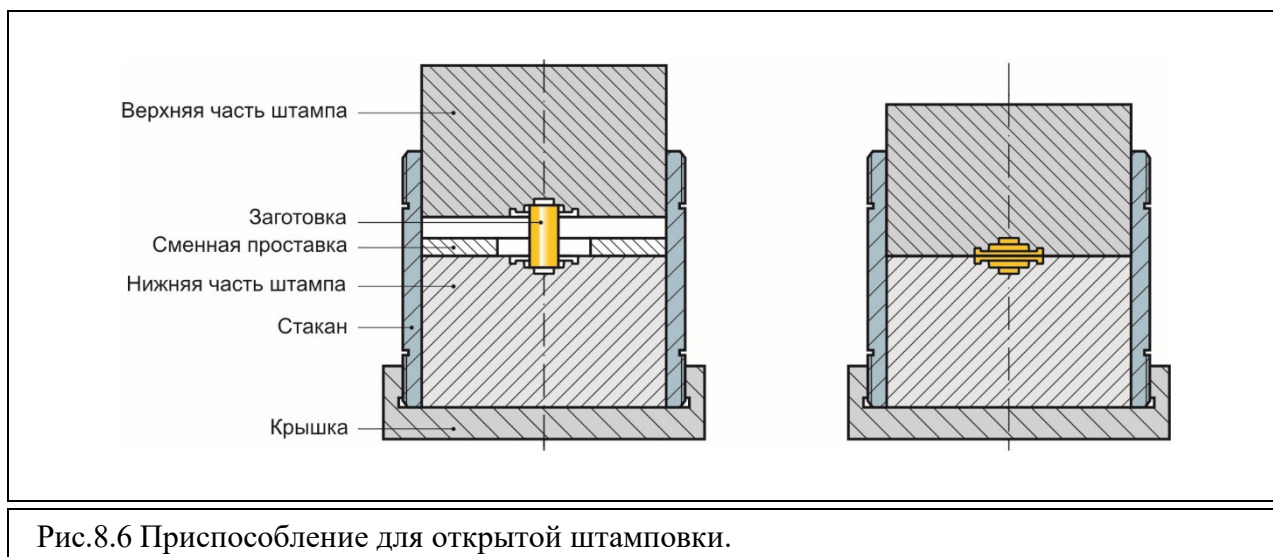


Рис.8.6 Приспособление для открытой штамповки.

2. Выполнить экспериментальные работы

2.1 Разобрать штамп, установить на его нижнюю часть заготовку и сменную приставку, собрать штамп и установить его в пресс.

2.2 Произвести промежуточную стадию штамповки с замером силы.

2.3 Разобрать штамп, удалить поковку и сменную приставку, начертить эскиз поковки, проставить ее размеры.

2.4 Установить на нижнюю часть штампа поковку, собрать штамп (без приставки), установить в пресс.

2.5 Произвести окончательную штамповку с замером силы штамповки

2.6 Разобрать штамп, удалить поковку, начертить эскиз поковки, проставить ее размеры

3. Произвести обработку полученных данных

3.1 Используя экспериментальное значение силы штамповки и площади поковки (с облоем) определить напряжение текучести на промежуточной и окончательной стадиях штамповки.

3.2 Сравнить значения напряжений текучести с пределом текучести на разных стадиях штамповки.

Выводы:

Лабораторная работа № 9

Технологическая операция прессование

Цель работы:

1. Изучить технологию прессования,
2. Экспериментально наблюдать последовательное формоизменение заготовки,
3. Определить коэффициент вытяжки, объем и размеры заготовки, силу прессования и напряжение текучести на разных стадиях ее деформирования.

Оборудование, инструмент, образцы

Оборудование – пресс, номинальной силой 100 Кн.

Инструмент – экспериментальное приспособление для прессования.

Образцы – заготовки диаметром 12 мм, высотой 13 мм из алюминиевого сплава АД0.

Измерительный инструмент – штангенциркуль, микрометр.

Основные сведения об операции прессования

Прессование - процесс обработки давлением разных материалов с целью уплотнения, изменения формы, механических и других свойств материала.

Одной из широко применяемых в прессовании технологических схем является вытеснение металла из контейнера через отверстие заданного сечения в инструменте – матрице (рис. 9.1). Таким способом получают прутки, трубы и разнообразные профили с высоким качеством поверхности и высокой точностью размеров поперечного сечения изделия.

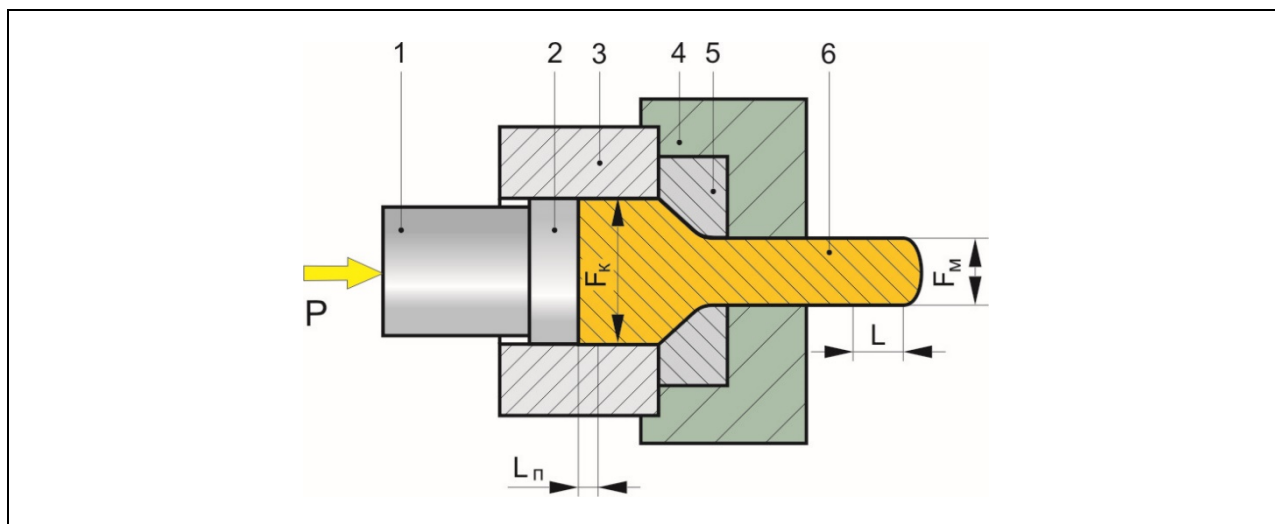


Рис.9.1 Схема прессования

Процесс прессования состоит в следующем. Заготовку, нагретую до заданной температуры, помещают в контейнер 3. В торцевой части контейнера в специальном матрицедержателе 4 установлена матрица 5 с отверстием требуемой формы, которая формирует контур прессуемого профиля 6. С противоположного конца в контейнер вводят пуансон или пресс-штемпель 1.

На торце пуансона для предохранения его от термических воздействий и уменьшения трения о контейнер помещают пресс-шайбу 2, диаметр которой немного больше, чем у пуансона. Усилие прессы через пуансон и пресс-шайбу передается к заготовке, заставляя металл вытекать через отверстие в матрице, образуя требуемый профиль. Такое прессование называется прямым. Этим способом можно изготавливать не только сплошные профили, но и полые. В этом случае используют заготовку с предварительно полученным отверстием, либо отверстие прошивают на том же прессе уже в процессе прессования.

Общую деформацию при прессовании обычно характеризуют вытяжкой μ , которую определяют, как отношение площадей поперечного сечения контейнера F_k и отверстия в матрице F_m :

$$\mu = \frac{F_k}{F_m} \quad . \quad (9.1)$$

Поскольку объем деформируемого металла не изменяется, вытяжку можно определять, как отношение длины полученного пресс-изделия L к длине выдавленной из контейнера части заготовки, которая равна (в установившейся стадии процесса прессования) перемещению пуансона L_n .

Действительно, $L_n F_k = L F_m$, откуда $F_k / F_m = L / L_n$ и

$$\mu = \frac{L}{L_n} \quad . \quad (9.2)$$

На рис. 9.2 показана схема напряженного состояния при операции прессования.

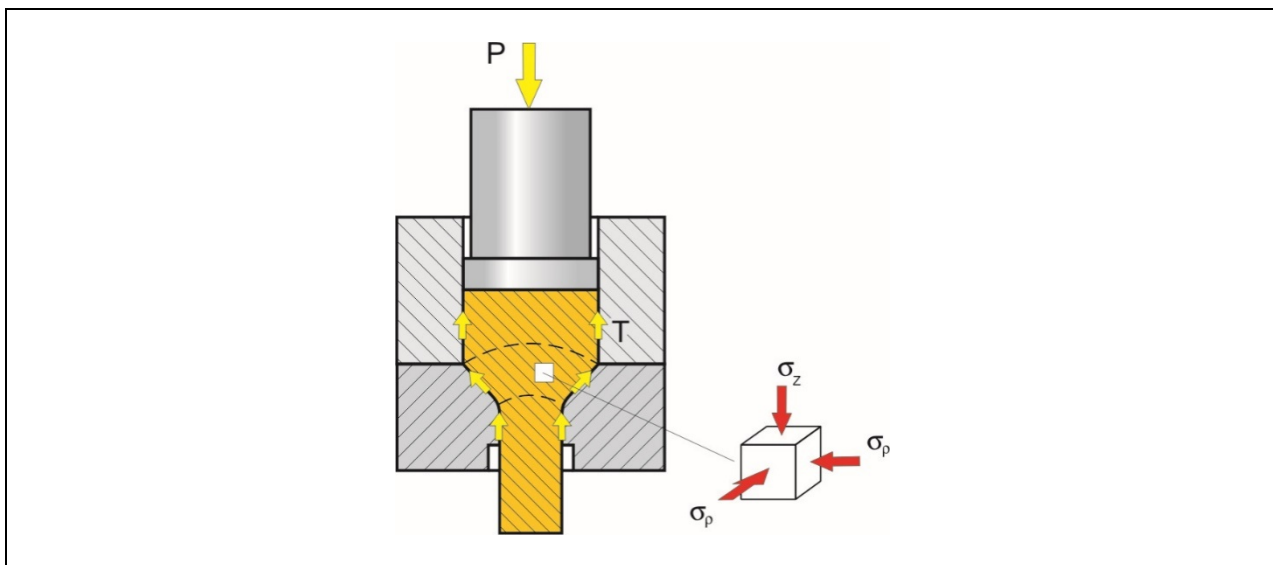


Рис.9.2 Схема напряженного состояния при операции прессования.

Очаг пластической деформации сосредоточен в области, ограниченной двумя сферами (показано пунктиром). Выше и ниже этих сфер металл находится в жестком состоянии и перемещается без пластической деформации. Внутри очага деформации на любой выделенный элемент действуют радиальные сжимающие напряжения σ_p , а в осевом направлении – осевые сжимающие напряжения σ_z , следовательно, металл находится в условиях всестороннего сжатия. Такая схема напряженного состояния обеспечивает деформируемому металлу наиболее высокую пластичность.

Поэтому из всех процессов обработки металлов давлением прессование протекает при наиболее благоприятной схеме напряженно-деформированного состояния, что позволяет получать очень большие деформации за один ход пресса. Так, например, вытяжка $\mu = L / L_{\text{п}}$ при прессовании может быть 100 и выше.

Общая сила P , обеспечивающая выдавливание металла, складывается из силы $P_{\text{д}}$, необходимой для преодоления сопротивления металла деформации, и силы T для преодоления трения. Силы трения действуют на контактных поверхностях металла со стенками контейнера, конуса матрицы и очка матрицы.

Составляющая общей силы прессования, идущая на преодоление сил трения, может достигать больших значений (до 30 % и выше от общей силы).

Сила прессования может быть определена по формуле:

$$P = F_{\kappa} \cdot \sigma_T \left(\frac{2L}{D} + \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{F_{\kappa}}{F} + \frac{4\mu \cdot l}{d} \right), \quad (9.3)$$

где: D и d – диаметры контейнера и очка матрицы соответственно,

L и l – длина заготовки и длина цилиндрической части очка матрицы,

μ – коэффициент трения,

σ_T – предел текучести материала,

F_{κ} и F – сечения контейнера и изделия соответственно,

α – угол при вершине конуса матрицы (рад.)

Порядок выполнения работы

1. Выполнить теоретические расчеты

1.1 По заданным размерам изделия определить объем и размеры заготовки

1.2 Определить силу прессования

1.3 Определить коэффициент вытяжки

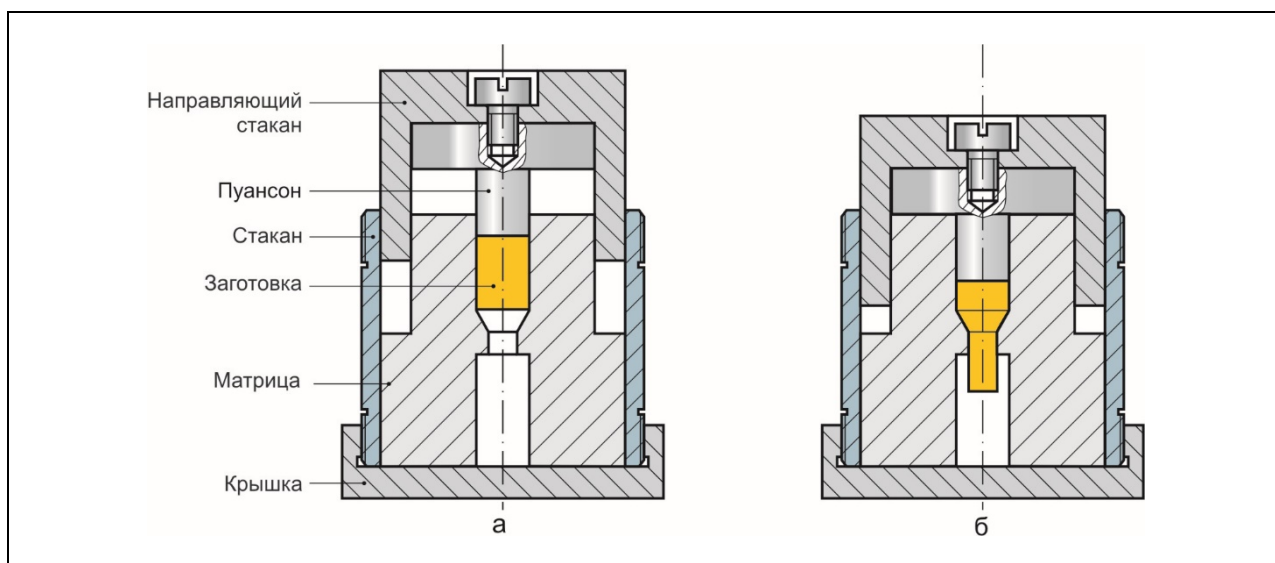


Рис.9.3 Экспериментальное приспособление для прессования.

2. Выполнить экспериментальные работы

2.1 Начертить эскиз заготовки, проставить размеры.

2.2 Разобрать штамп, смазать матрицу машинным маслом, установить в матрицу заготовку, собрать штамп и установить его в пресс.

2.3 Произвести прессование, замерить силу прессования.

2.4 Разобрать штамп, удалить изделие с пресс остатком, начертить эскиз изделия, проставить размеры.

3.Произвести обработку полученных данных

3.1 Используя экспериментальное значение силы прессования определить напряжение текучести на контактной поверхности материала и пуансона и сравнить с пределом текучести материала.

3.2 Из условия разности объемов заготовки и полученного изделия (без прессостатка) определить процент отхода металла.

Выводы:

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Министерство общего и профессионального образования
Свердловской области
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
Свердловской области
«Каменск-Уральский техникум металлургии и машиностроения»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ КОМПЛЕКТА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ

по МДК. 03.01. Теория обработки металлов давлением

22.02.05 «ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ»

(базовый уровень подготовки).

Каменск-Уральский
2016

ФОС составлен на основе:

- Федерального Государственного Образовательного Стандарта по специальности СПО 22.02.05 «Обработка металлов давлением», входящую в состав УГ 22.00.00 Технология материалов»,

- Примерной программы ПМ и рабочей программы профессионального модуля ПМ 03. Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением

- Положения о текущем контроле знаний и промежуточной аттестации обучающихся ГАПОУ СО КУТММ

- Положения о формировании фонда оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГАПОУ СО КУТММ.

Организация разработчик: ГАПОУ СО КУТММ Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение Свердловской области «Каменск-Уральский техникум металлургии и машиностроения»,

Разработчик: Петрова Л.В. преподаватель специальных дисциплин

1. ПАСПОРТ КОМПЛЕКТА КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1.1 Область применения.

Комплект контрольно-оценочных средств, предназначен для проверки результатов освоения профессионального модуля (далее ПМ) основной профессиональной образовательной программы (далее ОПОП) по специальности СПО **22.02.05 «Обработка металлов давлением»** в части владения видом профессиональной деятельности (ВПД) **Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением.**

1.2. Цели и задачи профессионального модуля – требования к результатам освоения профессионального модуля:

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

иметь практический опыт:

- пользования нормативно-справочной литературой;

уметь:

- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

знать:

- физическую природу пластического формоизменения металла в процессе обработки его давлением;
- влияние различных факторов на поведение металла при пластической деформации;

Комплект контрольно – оценочных средств позволяет оценивать освоение профессиональных компетенций (ПК), соответствующих виду профессиональной деятельности, и общих компетенций (ОК):

ПК 3.1 Проверять правильность назначения технологического режима обработки металлов давлением.

ПК 3.4 Рассчитывать показатели и коэффициенты деформации обработки металлов давлением.

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий

2 Структура комплексной оценки профессионального модуля

Элементы ПМ	Формы промежуточной аттестации, выбранные для комплексной оценки ПМ 03.
МДК 03.01 Теория обработки металлов давлением	- выполнение практического задания (лабораторная работа)

3. Экзаменационные материалы по промежуточной аттестации

3.1. Практическое задание для аттестующегося: Выполнение лабораторных работ

Таблица 1 - Перечень лабораторных работ

Номер работы	Наименование работы	Кол. Часов
1	Паспортизация основного технологического оборудования.	2
2	Технологическая операция вытяжка.	2
3	Технологическая операция вырубка.	2
4	Технологическая операция гибка	2
5	Технологическая операция отбортовка	2
6	Технологическая операция обжим.	2
7	Технологическая операция раздача.	2
8	Технологическая операция осадка.	2
9	Технологическая операция штамповка.	2
10	Технологическая операция прессование.	2
	Всего	20

3.2. Методических указаний для составления отчета по лабораторным работам:

- Название лабораторной работы;
- Цель лабораторной работы;
- Основное оборудование, инструмент и образцы;
- Основные теоретические сведения;
- Порядок выполнения работы;
- Выводы, которые должны быть получены в результате работы.

Экспертной оценке подлежит освоение студентами **МДК 03.01** элемента ПМ.03
Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением, в том

числе следующих выбранных для промежуточной аттестации общих (ОК) и профессиональных компетенций (ПК):

МДК 03.01. Теория обработки металлов давлением
Профессиональные компетенции
ПК 3.1 Проверять правильность назначения технологического режима обработки металлов давлением.
ПК 3.4 Рассчитывать показатели и коэффициенты деформации обработки металлов давлением.
Общие компетенции:
ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями
ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий

4. Требования к процедуре оценки практического задания

4.1. Место проведения: ГАПОУ СО КУТММ, Лаборатория ОМД

4.2. Оборудование:

- лабораторный пресс,
- разрывная машина,
- набор штампов,
- профессиональный компьютер,
- мультимедийное оборудование.
- комплект лицензионного программного обеспечения
- набор измерительного инструмента
- набор заготовок

4.3. Доступ к нормативным и справочным материалам

1. Инструктаж по технике безопасности и пожарной безопасности в лаборатории ОМД.
2. Методические указания к лабораторным работам.

3. Богоявленский К.Н. и др. Обработка цветных металлов и сплавов давлением. – М.: Металлургия. 1973.

4. Таблица Брадиса.

4.4. Методы оценки:

- наблюдение за выполнением
- экспертная оценка по признакам проявления компетенций

4.5. Норма времени: 90 минут

4.6. Профессиональный уровень экспертов:

Эксперты - преподаватели должны иметь опыт по основному виду профессиональной деятельности. Преподаватели должны проходить стажировку в профильных организациях не реже одного раза в 3 года.

Лист комплексной оценки компетенций
СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 22.02.05 ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

компетенции	Признаки проявления компетенций	Ф.И.О. студента																
ПК 3.1 ПК 3.4 ОК 1 ОК 2 ОК 3 ОК 4 ОК 6 ОК 7	- соблюдает технику безопасности в лаборатории																	
	- выполняет лабораторные работы по определению показателей и коэффициентов деформации обработки металлов давлением по заданному алгоритму.																	
	Оформляет отчет по лабораторной работе в полном соответствии с требованиями к структуре: - наличие титульного листа;																	
	- наличие цели работы - наличие используемого оборудования, инструментов - наличие расчетов и проведенных исследований - наличие полученных графиков и схем - наличие заключения (вывода) - наличие перечня информационных источников																	
	Использует мультимедийные средства при защите отчета.																	
	Итого: 0- 10 б																	

Подпись преподавателя: _____ / _____

Дата «_____» _____ 20__ г.

Подходит для оценки контрольной работы, практического задания, и др. методов оценки компетенций

0 - баллов ставится при отсутствии признака проявления освоенной компетенции.

1 балл ставится при наличии признака проявления частично освоенной компетенции.

2 балла ставится при наличии признака проявления полностью освоенной компетенции.

* дополнительные баллы ставятся в случае, если эксперт считает недостаточной шкалу баллов для оценивания признаков освоенных компетенций.

Перевод рейтингового балла в оценку:

Балл	оценка	Уровень
10-8	5	высокий
7-5	4	средний
4-2	3	низкий
1-0	2	Нет оснований для оценки признака

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Министерство общего и профессионального образования
Свердловской области
Государственное автономное профессиональное образовательное
учреждение Свердловской области
«КАМЕНСК-УРАЛЬСКИЙ ТЕХНИКУМ МЕТАЛЛУРГИИ И
МАШИНОСТРОЕНИЯ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ по ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

ПО МДК 03.01. «ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ
ДАВЛЕНИЕМ»
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 22.02.05
«ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ»

2016

Методические указания по проведению практических работ по ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением МДК.03.01 Теория обработки металлов давлением для специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением

Составитель: Петрова Л.В., преподаватель ГАПОУ СО КУТММ

Методические указания по проведению практических работ предназначены для студентов ГАПОУ «Каменск-Уральский техникум металлургии и машиностроения» специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением для подготовки к практическим работам с целью освоения практических умений и навыков для последующего освоения профессиональных компетенций.

Методические указания по проведению практических работ составлены в соответствии с рабочей программой ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением ППССЗ специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением.

Введение

Методические указания по выполнению практических работ разработаны согласно рабочей программе ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением и требованиям к результатам обучения Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (далее – ФГОС СПО) по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением.

Практические работы направлены на овладение обучающимися видом профессиональной деятельности - Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением, в том числе на формирование всех общих и следующих профессиональных компетенций согласно ФГОС СПО:

ПК 4. Рассчитывать показатели и коэффициенты деформации обработки металлов давлением.

ПК 9. Применять типовые методики расчета параметров обработки металлов давлением.

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями, обучающийся в ходе выполнения и защиты практических работ должен:

иметь практический опыт:

- выполнения необходимых расчетов технологических процессов обработки металлов давлением;

- пользования нормативно-справочной литературой;

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

знать:

- типовые методики расчета параметров процесса ОМД.

Практические работы следует проводить по мере прохождения студентами теоретического материала.

Практические работы рекомендуется производить в следующей последовательности:

- вводная беседа, во время которой кратко напоминаются теоретические вопросы по теме работы, разъясняется сущность, цель, методика выполнения работы;

- самостоятельное выполнение необходимых расчетов;

- обработка результатов расчетов, оформление отчета;

- защита практической работы в форме собеседования по методике проведения и результатам проделанной работы.

Методические указания к выполнению практической работы для студентов

1. К выполнению практической работы необходимо подготовиться до начала занятия, используя рекомендованную литературу и конспект лекций.

2. Студенты обязаны иметь при себе линейку, карандаш, калькулятор, тетрадь для практических работ.

3. Отчеты по практическим работам оформляются согласно требованиям ЕСКД и должны включать в себя следующие пункты:

- название практической работы и ее цель;

- краткий порядок выполнения работы;

- далее пишется «Ход работы» и выполняются этапы практической работы, согласно выше приведенному порядку.

4. При подготовке к сдаче практической работы, необходимо ответить на предложенные контрольные вопросы.

5. Если отчет по работе не сдан вовремя (до выполнения следующей работы) по неуважительной причине, оценка за практическую работу снижается.

Практическая работа №1.

Вариант №

Тема: Определение механических свойств сплава.

Цель: Определить механические свойства предел прочности, предел текучести и относительное удлинение холоднокатаной ленты из сплава _____ на каждом размере. Сделать вывод.

Схема проката: 6,20* → 5,30 → 4,50* → 3,90 → 3,40* → 3,05 мм

* - отжиг.

Ход работы:

При данной прокатке делается три отжига на размерах 6,20*, 4,50* и 3,40*, следовательно, степень деформации в начале прохода будет равна нулю.

Степень деформации определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} * 100\%$$

1 Проход

На данном проходе произведен отжиг, следовательно, степень деформации равна нулю.

$$\varepsilon_1 = 0$$

Определим предел текучести σ_T по графику сплава БрБ₂.

$$\sigma_T = \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$$

Определим относительное удлинение δ по графику сплава БрБ₂.

$$\delta = \%$$

Аналогично делаются расчеты по всем следующим проходам, все полученные результаты сводим в таблицу №1.

Таблица №1.

№ прохода	Начальная толщина, мм	Конечная толщина, мм	Степень деформации, %		Предел прочности, кг/мм ²		Относительное удлинение, δ %	
			Нач	Кон	Нач	Кон	Нач	Кон
1								
2								
3								
4								
5								

Вывод:

Практическая работа №2.

Вариант №

Тема: Определение полное давление металла на валки при горячей прокатке

Цель: Научиться применять формулы и рассчитывать полное давление металла на валки при горячей прокатке.

Задание: Определить полное давление металла на валки при горячей прокатке сплава М1 с $h_0 = 130$ мм на $h_1 = 95$ мм. Скорость прокатки составляет 1,9 м/сек. Температура прокатки составляет 850°C. Стан двухвалковый с диаметром валком 850 мм. Начальная ширина проката $b_0 = 1030$ мм, конечная ширина проката $b_1 = 1042$ мм.

Ход работы:

1. Полное давление металла на валки при горячей прокатке, рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{b_0 + b_1}{2} \times l_d \times P_{\text{ср}}$$

где $b_0; b_1$ – ширина проката, мм;

l_d – длина дуги захвата, мм;

$P_{\text{ср}}$ – среднее удельное усилие, которое при горячем прокате зависит от прокатываемого металла или сплава, скорости деформации, температуры прокатки, диаметра валков, величины обжатия, коэффициента трения, кгс/мм².

2. Определим длину дуги захвата по формуле:

$$l_d = \sqrt{R_B \times \Delta h}$$

где R_B – радиус валка, мм;

Δh – величина обжатия, мм.

$$R_B = \frac{D_B}{2}$$

где D_B – диаметр валка, мм.

$$\Delta h = h_0 - h_1$$

где h_0 – начальная ширина проката, мм;

h_1 – конечная ширина проката, мм.

3. Определим скорость деформации при прокатке:

$$U = 2 \times v_{\text{пр}} \times \frac{\sqrt{\frac{2 \times \Delta h}{D_B}}}{h_0 + h_1}$$

где $V_{\text{пр}}$ – скорость прокатки, мм/сек.

$$V_{\text{пр}} = 1,9 * 1000 = 1900 \text{ мм/сек.}$$

4. Предел текучести σ_T для сплава М1 (согласно рис.43) при температуре C° составляет _____ кгс/мм².

Скоростной коэффициент n_v , (согласно рис. 46) при температуре C° и при скорости _____ ед/сек. равен _____.

Отсюда предел текучести с учетом скорости деформации:

$$K_f = \sigma_T \times n_v \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}.$$

5. Определим среднее удельное усилие.

Для учета сил трения воспользуемся графиком, представленным на (рис. 75), для чего нужно знать:

а) коэффициент трения, который, согласно данным (табл. 4), можно принять

μ ;

б) длину дуги захвата $l_d = \text{мм}$;

в) величину δ :

$$\delta = \frac{2 \times \mu \times l_d}{\Delta h};$$

г) относительное обжатие:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} \times 100\%$$

При этих постоянных условиях, (согласно рис. 75), отношение

$$\frac{P_{\text{ср}}}{1,15 \times K_f}$$

где 1,15 – постоянный коэффициент Лоде.

Отсюда, среднее удельное усилие равно:

$$P_{\text{ср}} = 1,15 \times K_f \times n'_\sigma = \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}.$$

Следовательно, далее можем определить полное давление на валки:

$$P = \frac{b_0 + b_1}{2} \times l_d \times P_{\text{ср}} = \text{кг.}$$

Вывод:

Практическая работа № 3.

Вариант №

Тема: Определение полное давление металла на валки при холодной прокатке

Цель: Научиться применять формулы и рассчитывать полное давление металла на валки при холодной прокатке.

Ход работы:

I. Определим истинное сопротивление деформации.

Суммарное относительное обжатие в холодном состоянии с начала прокатки до седьмого прохода составляет:

$$\varepsilon_{\text{начальная}} = \frac{\sigma^* - \sigma_{\text{н}}}{\sigma_{\text{н}}} \times 100\%.$$

Суммарное относительное обжатие, включая данный пропуск, равно:

$$\varepsilon_{\text{конечная}} = \frac{\sigma^* - \sigma_{\text{к}}}{\sigma_{\text{н}}} \times 100\%.$$

Предел текучести до 7 прохода (при деформации %) по кривой 11, (рис. 37) будет равен $\sigma_{\text{т начальный}} = \text{кг/мм}^2$.

Предел текучести после данного пропуска (при деформации %) будет равен: $\sigma_{\text{т конечный}} = \text{кг/мм}^2$.

Средняя величина предела текучести за проход:

$$\sigma_{\text{т ср}} = \frac{\sigma_{\text{т начальный}} + \sigma_{\text{т конечный}}}{2} = \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}.$$

Далее необходимо учесть влияние подпирающих сил трения увеличивающих удельное усилие по сравнению с пределом текучести. Влияние скорости при холодной деформации можно без особой погрешности пренебречь, т.е.:

$$K_f = \sigma_{\text{т ср}} \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}.$$

II. Определим полное давление без учета упругого сжатия валков.

$$P_{\text{пол}} = b \times l_{\text{д}} \times P_{\text{ср}}$$

где b – ширина проката, мм;

$l_{\text{д}}$ – длина дуги захвата, мм;

$P_{\text{ср}}$ – среднее удельное усилие, которое при горячем прокате зависит от прокатываемого металла или сплава, скорости деформации, температуры

прокатки, диаметра валков, величины обжатия, коэффициента трения, кгс/мм².

Определим длину дуги захвата:

$$l_d = \sqrt{0,5 \times D_B \times \Delta h}$$

где D_B – диаметр валка, мм.

Δh - величина обжатия, мм.

Определим относительное обжатие:

$$\Delta h = h_0 - h_1$$

где h_0 – начальная ширина проката, мм;

h_1 – конечная ширина проката, мм.

$$\Delta h = 1,7 - 1,4 = 0,3 \text{ мм.}$$

Коэффициент трения, по данным (табл. 3), при холодном прокатке мельхиора без смазки $\mu =$

Отсюда, величина:
$$\delta = \frac{2 \times \mu \times l_d}{\Delta h}$$

Относительное обжатие за проход:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} \times 100\%$$

В этом случае по номограмме, изображенной на (рис. 75), получаем отношение:

$$\frac{P_{cp}}{1,15 \times K_f}.$$

где 1,15 – постоянный коэффициент Лоде.

Отсюда среднее удельное усилие равно:

$$P_{cp} = 1,15 \times K_f \times n'_\sigma = \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}.$$

Следовательно, далее можем определить полное давление на валки:

$$P_{пол1} = b \times l_d \times P_{cp} \text{ кг.}$$

III. Определим полное усилие с учетом упругого сжатия валков.

Определим длину дуги захвата:

$$l'_d = x_0 + \sqrt{0,5 \times D_B \times \Delta h + x_0^2}$$

где D_B – диаметр валка, мм.;

Δh - величина обжатия, мм;

x_0 – величина смещения в поперечном сечении направлении оси валков от действия сил давления P .

$$x_0 = \frac{8(1 - \mu^2)}{\pi \times E} \times r \times P_{\text{ср}}$$

где μ – коэффициент Пуассона, равен 0,3;

E – модуль упругости, равен $2,2 \times 10^6$ кг/см²;

r – радиус;

$P_{\text{ср}}$ – среднее удельное усилие, полученное без учета упруго сжатия валков (приближенно).

$$\delta = \frac{2 \times \mu \times l_d}{\Delta h}$$

Относительное обжатие по-прежнему равно:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} \times 100\%.$$

В этом случае, по номограмме (рис. 75) получаем:

$$\frac{P_{\text{ср}}}{1,15 \times K_f}.$$

откуда получаем:

$$P_{\text{ср}} = 1,15 \times K_f \times n'_\sigma \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}.$$

Общее давление на валки:

$$P_{\text{пол } 2} = b \times l_d \times P_{\text{ср}} \text{ кг.}$$

Превышение расчетного давления при учете упругого сжатия равно:

$$P_2 - P_1 = \text{кг.}$$

или

$$\frac{P_2 - P_1}{P_2} \times 100\%.$$

Вывод:

Практическая работа № 4.

Вариант №

Тема: Прессование прутков и профилей

Цель: Определить размеры слитка при прессовании прутка из сплава Д16. Уточнить величину обреза, геометрические потери в %.

Исходные данные:

Диаметр контейнера 200 мм. Величина пресс-остатка 60 мм. Коэффициент вытяжки $10 \leq \lambda \leq 40$. Наибольшая длина прессуемого изделия 11 м. Длина слитка ≤ 660 мм. Диаметр готового прутка ____ мм, сдаточная длина ____ мм, величина обреза ____ мм.



Рисунок 1

Ход работы:

Объем слитка рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{слитка}} = V_{\text{п/о}} + V_{\text{изд.}}$$

где $V_{\text{п/о}}$ – объем пресс-остатка, мм^3 ;

$V_{\text{изд.}}$ – объем изделия, мм^3 .

Объем пресс-остатка определяется по формуле:

$$V_{\text{п/о}} = \frac{\pi \times D_{\text{конт}}^2}{4} \times h_{\text{п/о}}$$

где $D_{\text{конт}}$ – диаметр контейнера, мм.;

$h_{\text{п/о}}$ – высота пресс-остатка, мм.

Далее определим объем изделия по формуле:

$$V_{\text{изд.}} = F_{\text{изд.}} \times L_{\text{п/изд.}} \times n$$

где $F_{\text{изд.}}$ – площадь поперечного сечения прессуемого изделия, мм^2 ;

$L_{п/изд.}$ – длина прессуемого изделия, мм;

n – количество каналов в матрице при прессовании.

Найдем площадь поперечного сечения прессуемого изделия по формуле:

$$F_{изд.} = \frac{\pi \times D_{гот.прод.}^2}{4}, \text{ мм}^2$$

Найдем длину прессуемого изделия:

$$L_{п/изд.} = L_{гот.прод.} + L_{обрези}, \text{ мм.}$$

Определим количество каналов в матрице при min и max вытяжке.

$$n_{min} = \frac{D_{конт}^2}{D_{изд}^2 \times \lambda_{мин}}$$
$$n_{max} = \frac{D_{конт}^2}{D_{изд}^2 \times \lambda_{max}}$$

На основании полученных результатов делаем вывод, что количество каналов в матрице может быть от до . Принимаем для расчета $n =$. Следовательно,

Тогда можем найти объем слитка:

$$V_{слитка} = V_{п/о} + V_{изд.}$$

Найдем объем и размер прессуемого слитка:

$$V_{сл.прес.} = \frac{\pi \times D_{слитка}^2}{4} \times L_{слитка}$$

где $D_{слитка}$ - диаметр слитка, мм;

$L_{слитка}$ – длина слитка, мм.

Для начала найдем диаметр слитка по формуле:

$$D_{слитка} = 0,95 \times D_{конт.}, \text{ мм}$$

Далее находим длину слитка:

$$L_{слитка} = \frac{V_{сл} \times 4}{\pi \times D_{слитка}^2}, \text{ мм}$$

Данный слиток нам подходит, т.к. по условию работы длина слитка не должна быть больше 660 мм.

$$L_{\text{слитка}} \leq 660 \text{ мм}$$

Принимаем длину слитка $l = 100$ мм. Следовательно, объем слитка прессованного будет равен:

$$V_{\text{сл.прес.}} = \frac{\pi \times D_{\text{слитка}}^2}{4} \times L_{\text{слитка}}$$

Определим геометрические потери в %:

- при прессовании:

$$\%_{\text{прес.}} = \frac{V_{\text{п/о}}}{V_{\text{сл.прес.}}} \times 100\%$$

- при резке:

$$\%_{\text{рез.}} = \frac{L_{\text{обрез}} \times 2\text{реза} \times F_{\text{изд.}}}{V_{\text{сд.}}} \times 100\%$$

Общие геометрические потери составляют:

$$\Sigma_{\text{OTX}} = \%$$

Выход годного тогда будет равен:

$$B_{\text{годн.}} = \%$$

Вывод:

Практическая работа № 5.

Вариант №

Тема: Прессование меди.

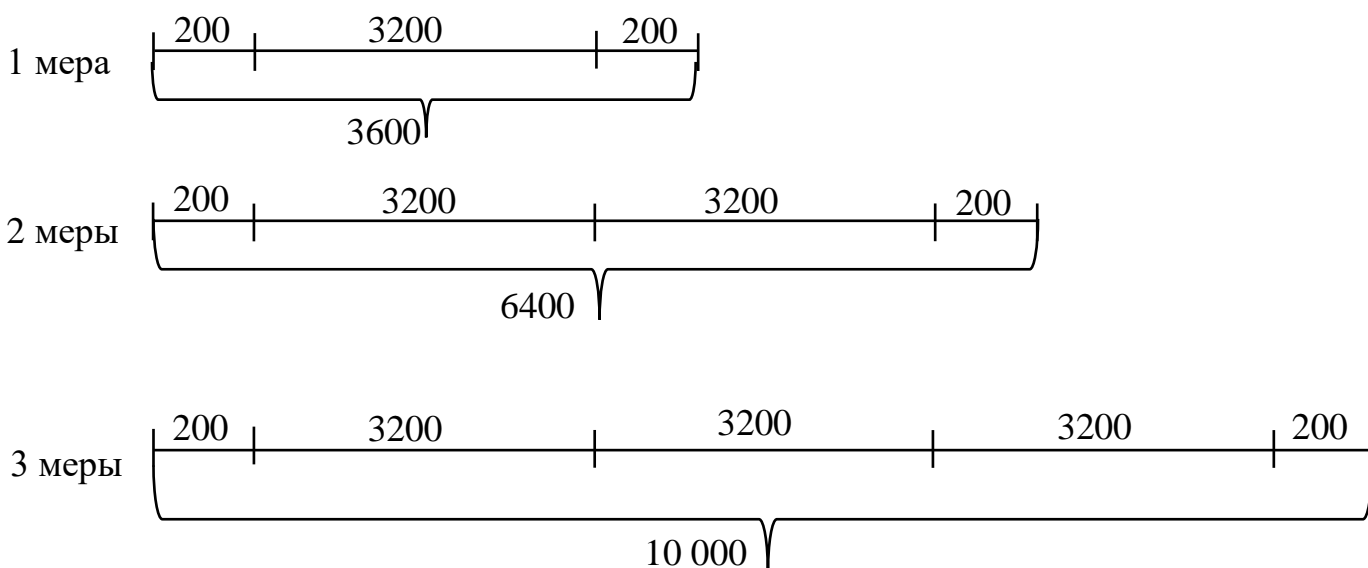
Цель: Определить размеры слитка при прессовании медной заготовки. Уточнить размеры обрезки, определить потери металла при прессовании и при резке.

Исходные данные: Сдаточная длина _____ мм. Величина обрезки 300 – 400 мм. Диаметр контейнера 200 мм. Величина пресс-остатка _____ мм. Толщина пресс-рубашки _____ мм. Матрица 2-х канальная. Максимальная длина слитка 500 мм.

Ход работы:

Технологическая схема изготовления будет следующая:

1. Нагрев слитка
2. Прессование
3. Травление, прошивка, замыливание
4. Волочение в 1 проход
5. Правка (по необходимости)
6. Резка в меру
7. Приемка ОТК (5х80х3200мм)
8. Упаковка, сдача на склад.



Примем 3 меры, тогда длина шины до резки будет _____ мм. При правке, длина изделия практически не меняется.

При волочении коэффициент вытяжки будет:

$$\lambda = \frac{F_0}{F_1}$$

Длина слитка до волочения будет:

$$L_0 \text{ (до волочения)} = \frac{L_1 \text{ (после волочения)}}{\lambda}, \text{ мм}$$

Далее определяем размеры слитка при прессовании:

$$D_{\text{слитка}} = 0,95 \times D_{\text{конт.}}, \text{ мм}$$

Теперь определим длину слитка на основании закона постоянства объема:

$$V_{\text{слитка}} = V_{\text{п/о}} + V_{\text{п/рубашки}} + V_{\text{изд.}} \times n$$

где $V_{\text{п/о}}$ – объем пресс-остатка, мм³;

$V_{\text{п/рубашки}}$ – объем пресс-рубашки, мм³;

$V_{\text{изд.}}$ – объем изделия, мм³;

n – количество каналов.

$$V_{\text{слитка}} = \frac{\pi \times D_{\text{слитка}}^2}{4} \times L_{\text{слитка}}$$

где $D_{\text{слитка}}$ - диаметр слитка, мм;

$L_{\text{слитка}}$ – длина слитка, мм.

$$V_{\text{слитка}} = \frac{3,14 \times 190^2}{4} \times L_{\text{слитка}}, \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{п/о}} = \frac{\pi \times (D_{\text{конт}} - 2 \times S_{\text{п/рубашки}})^2}{4} \times h_{\text{п/о}}, \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{п/рубашки}} = \pi \times S_{\text{п/рубашки}} \times \left(D_{\text{конт}} - S_{\text{п/рубашки}} \right) \times L_{\text{слитка}} \times \left(\frac{D_{\text{слитка}}}{D_{\text{конт}}} \right)^2, \text{ мм}^3$$

Примем, что на прессе шины режутся на 2 равные части, тогда прессуемая длина будет¹:

$$L_{\text{изд.}} = 2 \times L_0 \text{ (до волочения)}, \text{ мм}$$

¹ В формуле: 2 - резы

Определим объем пресс изделия:

$$V_{\text{изд.}} = n \times F_0 \times L_{\text{изд.}}, \text{ мм}^3$$

Далее мы можем составить уравнение на основании закона постоянства объемов:

$$V_{\text{слитка}} = V_{\text{п/о}} + V_{\text{п/рубашки}} + V_{\text{изд.}} \times n$$

$$L_{\text{слитка}}, \text{ мм}$$

Полученная длина слитка больше допускаемого значения по условию работы (до 500 мм) тогда, возьмем при прессовании 1 меру, тогда объем пресс изделия будет равен:

Длина слитка до волочения будет:

$$L_0 (\text{до волочения}) = \frac{L_1 (\text{после волочения})}{\lambda}, \text{ мм}$$

Тогда,

$$V_{\text{изд.}} = n \times F_0 \times L_0, \text{ мм}^3$$

Составляем уравнение на основании закона постоянства объемов:

$$V_{\text{слитка}} = V_{\text{п/о}} + V_{\text{п/рубашки}} + V_{\text{изд.}} \times n$$

$$L_{\text{слитка}} = \text{мм}$$

Принимаем длину слитка равной 140 мм. На основании этого слитка можем определить какая будет прессуемая длина:

$$L_{\text{прес}} = \text{мм}$$

Следовательно, длина после волочения будет равна:

$$L_1 (\text{после волочения}) = L_{\text{прес}} \times \lambda, \text{ мм}$$

Далее определим длину обрезей²:

$$L_{\text{обрези}} = \text{мм}$$

Определим величину отходов в % при прессовании:

- пресс рубашка:

² В формуле: 1 – количество взятых мер

$$\%_{\text{п/рубашки}} = \frac{V_{\text{п/рубашки}} \times L_{\text{слитка}}}{V_{\text{слитка}} \times L_{\text{слитка}}} \times 100\%$$

- пресс-остатка:

$$\%_{\text{п/о}} = \frac{V_{\text{п/о}}}{V_{\text{слитка}} \times L_{\text{слитка}}} \times 100\%$$

- при резке:

$$\%_{\text{рез.}} = \frac{L_{\text{обрези}} \times F_1 \times 2}{V_{\text{слитка}} \times L_{\text{слитка}}} \times 100\%$$

Общие геометрические потери составляют:

$$\Sigma_{\text{отх}} = \%$$

Выход годного тогда будет равен:

$$B_{\text{годн.}} = \%$$

Вывод:

Практическая работа № 6.

(выполняется по 4 практической работе)

Тема: Прессование алюминиевых сплавов.

Цель: Определить усилия прессования слитка из алюминиевого сплава Д16 диаметром 190 мм.

Исходные данные: Диаметр прутка после прессования 24 мм. Диаметр контейнера 200 мм. Длина слитка 350 мм. Температура прессования 450°C.

Количество каналов – 6. Угол матрицы составляет 65°.

Решение:

Полное усилие прессования через многоканальную матрицу рассчитывается по следующей формуле:

$$P = R_m + T_m + T_{кр} + T_{п}$$

где R_m – усилия на пресс шайбе для осуществления основной деформации без учета трения, кг;

$T_m, T_{кр}, T_{п}$ – усилия на пресс шайбе для преодоления трения соответственно на боковой границе ОЧПЗ (ОЧПЗ – обжимная часть пластической зоны), на боковой поверхности контейнера и в пояске матрицы, кг.

1. Определим усилие на пресс шайбе для осуществления основной деформации без учета трения.

$$R_m = \frac{0,785 \times (i + i_{доп})}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}} \times D_H^2 \times S_{дмс}$$

где i – интегральный показатель основной деформации;

$i_{доп}$ – интегральный показатель дополнительной деформации от передеформирования круга в равновеликий профиль;

α – угол наклона образующей канала матрицы к его оси, град.;

D_H – диаметр заготовки, мм;

$S_{дмс}$ – среднее сопротивление в пределах очага деформации, кг/мм².

Сначала найдем интегральный показатель основной деформации:

$$i = \ln \lambda$$

где λ – коэффициент вытяжки.

$$\lambda = \frac{D_{\text{конт}}^2}{D_{\text{изд}}^2 \times n}$$

где $D_{\text{конт}}$ – наружный диаметр контейнера равный диаметру прутка после прессования, мм;

n – количество каналов.

Следовательно,

$$i =$$

Находим интегральный показатель дополнительной деформации по формуле:

$$i_{\text{доп}} = 0,25 \ln n$$

Далее определяем среднее сопротивление в пределах очага деформации:

$$S_{\text{дмс}} = \sqrt{S_{\text{дмн}} \times S_{\text{дмк}}}$$

где $S_{\text{дмн}}$ – сопротивление в начале процесса деформации, кг/мм²;

$S_{\text{дмк}}$ – сопротивление в конце процесса деформации, кг/мм².

Показатель сопротивления в начале процесса деформации ($S_{\text{дмн}}$) определяется (по таблице №23), учитывая температуру прессования 450°C.

$$S_{\text{дмн}} = \text{кг/мм}^2$$

Далее находим сопротивление в конце процесса деформации:

$$S_{\text{дмк}} = S_{\text{дмн}} \times C$$

где C – скоростной коэффициент (данные из табл. 24);

Чтобы определить скоростной коэффициент, необходимо найти длительность деформации:

$$t_{\text{д}} = \frac{2D_{\text{н}}^3 - 4h^2(1,5D_{\text{н}} - h)}{3D_{\text{к}}^2 \times v_{\text{ист}}}$$

где h - высота очага деформации, мм;

$v_{\text{ист}}$ – скорость истечения сплава при прямом прессовании.

Полагаем, что скорость истечения сплава в очко матрицы $v_{\text{ист}}$ составляет ____ м/мин (см. таблицу 12) при длине заготовки _____ мм.

Переведем данный показатель в мм/сек:

$$v_{\text{ист}} = \frac{1,35}{60 \text{ мин}} = 0,0225 \text{ м/сек} = 22,5 \text{ мм/сек}$$

Определим высоту очага деформации по формуле:

$$h = \frac{D_K - \sqrt{D_K^2 - D_H^2}}{2}, \text{ мм.}$$

Теперь, когда определены все неизвестные параметры формулы, можем найти длительность деформации:

$$t_d =$$

Принимаем скоростной коэффициент C (согласно табл. 24) равным _____.

Следовательно,

$$S_{\text{дмк}} = \text{кг/мм}^2.$$

Находим среднее сопротивление в пределах очага деформации:

$$S_{\text{дмс}} = \text{кг/мм}^2$$

Далее определяем усилие на пресс-шайбе:

$$R_m = \frac{0,785 \times (i + i_{\text{доп}})}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}} \times D_H^2 \times S_{\text{дмс}}$$

2. Определим усилия на пресс шайбе для преодоления трения на боковой границе ОЧПЗ.

Составляющая T_m определяется следующим образом:

$$T_m = \frac{0,785 \times i}{\sin \alpha} \times \mu_{SM} \times D_H^2 \times S_{\text{дмс}}$$

где i – интегральный показатель основной деформации;

α – угол наклона образующей канала матрицы к его оси, град.;

μ_{SM} – коэффициент трения металла в очаге деформации (см. табл. 25)

имеем, $\mu_{SM} =$ _____;

D_H – диаметр заготовки, мм;

$S_{\text{дмс}}$ – среднее сопротивление в пределах очага деформации, кг/мм².

$$T_m = \frac{0,785 \times i}{\sin \alpha} \times \mu_{SM} \times D_H^2 \times S_{\text{дмс}}$$

3. Определим усилия на пресс шайбе для преодоления трения на боковой поверхности контейнера.

Составляющая $T_{кр}$ определяется следующим образом:

$$T_{кр} = \pi \times D_{н} \times L_{н} \times \mu_{скр} \times S_{дкр}$$

где: $L_{н}$ – длина распрессованной заготовки, мм;

$\mu_{скр}$ – коэффициент трения металла о стенки контейнера (см. табл. 25)

имеем $\mu_{скр} = \underline{\hspace{2cm}}$;

$S_{дкр}$ – сопротивление деформации слоя заготовки, контактирующего с боковой поверхностью контейнера, кг/мм².

$$L_{н} = L_{слитка} \times \left(\frac{D_{слитка}}{D_{конт}} \right)^2, \text{ мм.}$$

Сопротивление деформации слоя заготовки, контактирующего с боковой поверхностью контейнера, определяется по формуле:

$$S_{дкр} = \alpha \times S_{дмн}, \text{ кг/мм}^2.$$

где α – коэффициент трения (определяется по табл. 25) $\alpha = \underline{\hspace{1cm}}$.

$$T_{кр} = \pi \times D_{н} \times L_{н} \times \mu_{скр} \times S_{дкр}$$

4. Определим усилия на пресс шайбе для преодоления трения в пояске матрицы.

Составляющая $T_{п}$ определяется следующим образом:

$$T_{п} = \lambda \times \sum F_{т.п} \times \mu_{сп} \times S_{дмк}$$

где: λ – коэффициент вытяжки;

$F_{т.п}$ – поверхность контакта металла с рабочим пояском, мм²;

$\mu_{сп}$ – коэффициент трения металла с рабочим пояском (см. табл. 25)

имеем $\mu_{сп} = \underline{\hspace{2cm}}$;

$S_{дмк}$ – сопротивление деформации в конце обжимающей части очага, кг/мм².

$$F_{т.п} = n \times \pi \times D_{изд.} \times l_{пояска}$$

где: n – количество каналов;

$l_{пояска}$ – длина пояска, мм (алюм. 5÷6, медь 10 мм).

Теперь можем определить $T_{п}$:

$$T_{п} = \lambda \times \sum F_{т.п} \times \mu_{сп} \times S_{дмк}$$

5. Определить полное потребное усилие прессования.

$$P = R_{\text{м}} + T_{\text{м}} + T_{\text{кр}} + T_{\text{п}}, \text{ кг.}$$

Вывод:

Практическая работа № 7.

(выполняется по 5 практической работе)

Тема: Прессование меди.

Цель: Рассчитать усилие прессования меди Л68.

Исходные данные: Пресс-изделие – сплошной профиль. Температура прессования 750°C. Матрица одноканальная. Длина слитка _____ мм.

Решение:

Полное усилие прессования через одноканальную матрицу рассчитывается по следующей формуле:

$$P = R_m + T_m + T_{кр} + T_{п}$$

где: R_m – усилия на пресс шайбе для осуществления основной деформации без учета трения, кг;

$T_m, T_{кр}, T_{п}$ – усилия на пресс шайбе для преодоления трения соответственно на боковой границе ОЧПЗ (ОЧПЗ – обжимная часть пластической зоны), на боковой поверхности контейнера и в пояске матрицы, кг.

1. Определим усилие на пресс шайбе для осуществления основной деформации без учета трения.

$$R_m = \frac{0,785 \times (i + i_{доп})}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}} \times D_H^2 \times S_{дмс}$$

где i – интегральный показатель основной деформации;

$i_{доп}$ – интегральный показатель дополнительной деформации от передеформирования круга в равновеликий профиль;

α – угол наклона образующей канала матрицы к его оси, град.;

D_H – диаметр заготовки, мм;

$S_{дмс}$ – среднее сопротивление в пределах очага деформации, кг/мм².

Сначала найдем интегральный показатель основной деформации:

$$i = \ln \lambda$$

где λ – коэффициент вытяжки.

$$\lambda = \frac{F_k}{F_{изд.}}$$

где $F_{\text{конт.}}$ – площадь поперечного сечения контейнера, мм;
 $F_{\text{изд.}}$ – площадь поперечного сечения медной заготовки, мм.
 Следовательно,

$$i =$$

Находим интегральный показатель дополнительной деформации по формуле:

$$i_{\text{доп}} = 0,25 \ln n = 0,25 \times \ln 1 = 0$$

где n – количество каналов.

Далее определяем среднее сопротивление в пределах очага деформации:

$$S_{\text{дмс}} = \sqrt{S_{\text{дмн}} \times S_{\text{дмк}}}$$

где $S_{\text{дмн}}$ – сопротивление в начале процесса деформации, кг/мм²;
 $S_{\text{дмк}}$ – сопротивление в конце процесса деформации, кг/мм².

Показатель сопротивления в начале процесса деформации ($S_{\text{дмн}}$) определяется по таблице №23, учитывая температуру прессования 750°C.

$$S_{\text{дмн}} = \text{кг/мм}^2$$

Далее находим сопротивление в конце процесса деформации:

$$S_{\text{дмк}} = S_{\text{дмн}} \times C$$

где C – скоростной коэффициент (данные из табл. 24);

Чтобы определить скоростной коэффициент, необходимо найти длительность деформации:

$$t_{\text{д}} = \frac{2D_{\text{н}}^3 - 4h^2(1,5D_{\text{н}} - h)}{3D_{\text{к}}^2 \times v_{\text{ист}}}$$

где h – высота очага деформации, мм;

$v_{\text{ист}}$ – скорость истечения сплава при прямом прессовании.

Полагаем, что скорость истечения сплава в очко матрицы при прямом прессовании составляет $v_{\text{ист}} = \underline{\hspace{1cm}}$ см/сек (см. таблицу 21).

Переведем данный показатель в мм/сек:

$$v_{\text{ист}} = 80 \text{ см/сек} = 800 \text{ мм/сек}$$

Определим высоту очага деформации по формуле:

$$h = \frac{D_{\text{к}} - \sqrt{D_{\text{к}}^2 - D_{\text{н}}^2}}{2}, \text{ мм.}$$

Теперь, когда определены все неизвестные параметры формулы, можем найти длительность деформации:

$$t_d = \frac{2D_H^3 - 4h^2(1,5D_H - h)}{3D_K^2 \times v_{ист}}$$

Принимаем скоростной коэффициент С (согласно табл. 24) равным _____.

Следовательно,

$$S_{дмк} = \text{кг/мм}^2.$$

Находим среднее сопротивление в пределах очага деформации:

$$S_{дмс} = \text{кг/мм}^2$$

$$\cos^2 \frac{65}{2} = 0,711$$

Далее определяем усилие на пресс-шайбе:

$$R_M = \text{кг}$$

2. Определим усилия на пресс шайбе для преодоления трения на боковой границе ОЧПЗ.

Составляющая T_M определяется следующим образом:

$$T_M = \frac{0,785 \times i}{\sin \alpha} \times \mu_{SM} \times D_H^2 \times S_{дмс}$$

где: i – интегральный показатель основной деформации;

α – угол наклона образующей канала матрицы к его оси, град.;

μ_{SM} – коэффициент трения металла в очаге деформации (см. табл. 25)

имеем $\mu_{SM} = \text{---}$;

D_H – диаметр заготовки, мм;

$S_{дмс}$ – среднее сопротивление в пределах очага деформации, кг/мм^2 .

$$\sin 65^\circ = 0,9063$$

$$T_M = \text{кг.}$$

3. Определим усилия на пресс шайбе для преодоления трения на боковой поверхности контейнера.

Составляющая $T_{кр}$ определяется следующим образом:

$$T_{кр} = \pi \times D_H \times (L_H - h) \times \mu_{скр} \times S_{дкр}$$

где: L_H – длина распрессованной заготовки, мм;

$\mu_{скр}$ – коэффициент трения металла о стенки контейнера (см. табл. 25)
имеем $\mu_{скр} = \underline{\hspace{2cm}}$;

$S_{дкр}$ – сопротивление деформации слоя заготовки, контактирующего с боковой поверхностью контейнера, кг/мм².

$$L_n = L_{слитка} \times \left(\frac{D_{слитка}}{D_{конт}} \right)^2, \text{ мм.}$$

Сопротивление деформации слоя заготовки, контактирующего с боковой поверхностью контейнера, определяется по формуле:

$$S_{дкр} = \alpha \times S_{дмн}, \text{ кг/мм}^2.$$

где α – коэффициент трения, определяется (по таблице 25) $\alpha = \underline{\hspace{2cm}}$

$$T_{кр} = \text{ кг.}$$

4. Определим усилия на пресс шайбе для преодоления трения в пояске матрицы.

Составляющая $T_{п}$ определяется следующим образом:

$$T_{п} = \lambda \times F_{т.п} \times \mu_{сп} \times S_{дмк}$$

где: λ – коэффициент вытяжки;

$F_{т.п}$ – поверхность контакта металла с рабочим пояском, мм²;

$\mu_{сп}$ – коэффициент трения металла с рабочим пояском (см. табл. 25)
имеем $\mu_{сп} = \underline{\hspace{2cm}}$;

$S_{дмк}$ – сопротивление деформации в конце обжимающей части очага, кг/мм².

где: n – количество каналов;

$l_{пояска}$ – длина пояска, мм (алюм. 5÷6, медь 10 мм).

$$F_{т.п} = 1 \times (7 \times 2 + 82 \times 2) \times 10 = 1780 \text{ мм}^2$$

Теперь можем определить $T_{п}$:

$$T_{п} = \text{ кг.}$$

4. Определить полное потребное усилие прессования.

$$P = \text{ кг.}$$

Вывод:

Практическая работа №8.

Вариант №

Тема: Волочение проволоки.

Цель: Спроектировать маршрут волочения проволоки из сплава марки _____ на волочильных машинах без скольжения.

Исходные данные: Состояние поставки твердое. Диаметр заготовки _____ мм, диаметр готовой проволоки _____ мм.

Ход решение:

1) Определим количество отжигов при волочении данной проволоки.
Общее обжатие между отжигами (табл. 14) $\varepsilon_{\text{общ.}} > 99$.

2) Определим суммарный коэффициент вытяжки

$$\lambda_{\text{общ}} = \lambda_{\varepsilon} = \frac{D_{\text{заг.}}^2}{D_{\text{изд}}^2}$$

3) Определяем предкалибровочный отжиг, т.е. где делается последний отжиг (из прилож. 2)

$$\sigma_{\text{в}} \geq 60 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} \text{ из табл. сплавов}$$
$$\varepsilon_{\text{гот.разм.}} \leq 50\%$$

$$\varepsilon_{\text{гот.разм.}} \leq 30\% \text{ из табл. сплавов}$$

$$\delta = 2\%$$

Берем среднюю $\varepsilon_{\text{гот.разм.}} = 40\%$

$$\frac{D_{\text{отж}}^2 - D_{\text{конт}}^2}{D_{\text{отж}}^2} \times 100\%$$
$$D_{\text{отж}} = \frac{D_{\text{конт}}}{\sqrt{1 - \frac{40}{100}}} = 3,9 \text{ мм}^*$$

Т.е. на этом размере 3,9* надо делать отжиг для улучшения механических свойств сплава.

4) Определим количество проходов при волочении

$$n_{\text{пр}} = \frac{\ln \lambda}{\ln \lambda_{\text{ср}}}$$

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{1}{1 - \frac{\varepsilon_{\text{ср}}}{100}}$$

$$\varepsilon_{\text{ср}} = 30\% \text{ (из табл. 14)}$$

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{1}{1 - \frac{30}{100}} = 1,42$$

$$n_{\text{пр}} =$$

Принимает 5 проходов.

5) Определим количество отжигов

$$n_{\text{отж}} = \ln \frac{\lambda_{\text{общ}}}{\lambda_{\text{отж}}} - 1$$

$$\lambda_{\text{отж}} = \frac{1}{1 - \frac{\varepsilon_{\text{общ}}}{100}} = 100$$

$$\varepsilon_{\text{общ.}} = 99 \text{ (из табл. 14)}$$

$$n_{\text{отж}} = \ln \frac{5,76}{100} - 1$$

Т.к. число отрицательное, то отжиг промежуточный проводить не надо.

В последнем проходе коэффициента вытяжки равен

$$\lambda_5 = \sqrt{\lambda_{\text{ср}}}$$

На первом проходе назначаем максимально возможную вытяжку (из табл. 14) $\varepsilon = 35\%$.

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{1}{1 - 0,35} = 1,54$$

$$\lambda_{\varepsilon} = \lambda_1 \times \lambda_2 \times \lambda_3 \times \lambda_4 \times \lambda_5$$

$$5,76 = 1,54 \rightarrow 1,48 \rightarrow 1,46 \rightarrow 1,45 \rightarrow 1,19$$

6) Определим диаметр проволоки по проходам

$$D_0 = 7,2 \text{ мм}$$

$$D_3 = \frac{4,75}{\sqrt{1,46}} = 3,93 \text{ мм}$$

$$D_1 = \frac{7,2}{\sqrt{1,54}} = 5,8 \text{ мм}$$

$$D_4 = \frac{3,93}{\sqrt{1,45}} = 3,28 \text{ мм}$$

$$D_2 = \frac{5,8}{\sqrt{1,48}} = 4,75 \text{ мм}$$

$$D_3 = \frac{3,28}{\sqrt{1,19}} = 2,98 \sim 3 \text{ мм}$$

$$7,2^* \rightarrow 5,8 \rightarrow 4,75 \rightarrow 3,93^* \rightarrow 3,28 \rightarrow 3$$

7) Определим усилия волочения по каждому проходу и проверим его по коэффициенту запаса $K_{\text{зап}} \geq 1,2$

$$P_{\text{вол}} = \frac{\delta_{\text{н}} + \delta_{\text{к}}}{2} \times \ln \lambda \times F_{\text{к}} \times (1 + \mu \times \text{ctg } \alpha)$$

1 Проход.

При $\varepsilon_{\text{н}} = 0$, $\sigma_{\text{вн}} = 40 \text{ кгс/мм}^2$ (находим по граф. сплавов)

$$\lambda = \left(\frac{7,2}{5,8} \right)^2 = 1,54$$

$$\varepsilon_{\text{к}} = \frac{\lambda - 1}{\lambda} \times 100\%$$

$$\sigma_{\text{вк}} = 61 \text{ кгс/мм}^2$$

$$F_{\text{кон}} = \frac{\pi \times D^2}{4}, \text{ мм}^2$$

μ – коэффициент трения в первом проходе после отжига коэффициента трения при волочении проволоки равный 0,08, а в других 0,07 – 0,06 (см. приложение 4).

$\alpha = 6^\circ$ (см. приложение 1)

$$\text{tg } 6^\circ = 0,1051$$

$$\text{ctg} = \frac{1}{0,1051} = 9,51$$

$$P_{\text{вол}} = \frac{40 + 61}{2} \times \ln 1,54 \times 26,4 \times (1 + 0,08 \times 9,51), \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$$

Проверим данный маршрут по коэффициенту запаса:

$$K_{\text{зап}} = \frac{\sigma_{\text{в.кон.}}}{\sigma_{\text{напряж.волоч.}}}$$

$$\sigma_{\text{напряж.волоч.}} = \frac{P_{\text{вол.}}}{F_{\text{кон.}}}$$

$$K_{\text{зап}} = \frac{61}{38,22} = 1,59$$

2 Проход.

$$\lambda = \left(\frac{5,8}{4,75} \right)^2 = 1,49$$

$$\varepsilon_{\text{н}} = \varepsilon_{\text{к1}} = \frac{1,54 - 1}{1,54} \times 100\% = 35,14\%$$

$$\sigma_{\text{вн}} = 61 \text{ кгс/мм}^2$$

$$\varepsilon_{\text{к2}} = \frac{1,54 \times 1,49 - 1}{1,54 \times 1,49} \times 100\% = 56,42\%$$

$$\sigma_{\text{BK}} = 67 \text{ кгс/мм}^2$$

$$F_{\text{кон}} = \frac{3,14 \times 4,75^2}{4} = 17,71 \text{ мм}^2$$

$$P_{\text{вол}} = \frac{61 + 67}{2} \times \ln 1,49 \times 17,71 \times (1 + 0,06 \times 9,51) = 716,33 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$$

Проверим данный маршрут по коэффициенту запаса:

$$\sigma_{\text{напряж.волоч.}} = \frac{P_{\text{вол.}}}{F_{\text{кон.}}} = \frac{716,33}{17,71} = 40,41$$

$$K_{\text{зап}} = \frac{67}{40,41} = 1,66$$

Все остальные проходы считаются аналогично первому проходу и делается проверка данного маршрута по коэффициенту запаса.

Вывод: